

Universidade de Lisboa  
Instituto de Geografia e Ordenamento do Território



**Avaliação da Exposição das Comunidades Locais a Incêndios  
Florestais. O caso de Alvares, Góis.**

**Ana Cristina do Nascimento Gonçalves**

Dissertação Orientada

pela Doutora Sandra Oliveira

Mestrado em Geografia Física e Ordenamento do Território

2018



Universidade de Lisboa  
Instituto de Geografia e Ordenamento do Território



**Avaliação da Exposição das Comunidades Locais a Incêndios  
Florestais. O caso de Alvares, Góis.**

**Ana Cristina do Nascimento Gonçalves**

Dissertação Orientada  
pela Doutora Sandra Oliveira

**Júri:**

Presidente: Professor Doutor Ricardo Alexandre Cardoso Garcia do Instituto de Geografia e Ordenamento do Território da Universidade de Lisboa;

**Vogais:**

- Doutora Ana Cristina Lopes de Sá do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa
- Doutora Sandra Isabel Santos de Oliveira do Instituto de Geografia e Ordenamento do Território da Universidade de Lisboa





# Agradecimentos

Apesar de a presente dissertação ser de carácter pessoal, não deixa de ter a contribuição de diversas pessoas e entidades, que sem elas não seria exequível alcançar os objetivos pretendidos. Assim sendo, gostaria de agradecer:

Ao Instituto de Geografia e Ordenamento do Território da Universidade de Lisboa, que foi a minha instituição de acolhimento e que possibilitou a realização da presente investigação.

Ao Instituto Superior de Agronomia, que graças à colaboração com os engenheiros florestais e com a participação no grupo de trabalho no presente projeto, foi possível o fornecimento de dados, informação e ideias. Sem esta cooperação e sem o bom funcionamento da equipa, não seria possível obter os resultados pretendidos.

À Câmara Municipal de Góis e à Junta de Freguesia de Alvares, pela cedência gratuita de informação e pelo tempo disponibilizado no esclarecimento de dúvidas.

À população da freguesia de Alvares, por toda a simpatia, tempo e informação fornecida, no trabalho de campo. Foram um elemento chave para a melhoria de resultados e espero que esta investigação sirva para melhorar a vossa resiliência a incêndios florestais.

À professora Sandra Oliveira, claramente pela orientação, mas também por toda a ajuda, incentivo, paciência e principalmente pelas oportunidades que me proporcionou nos últimos meses. Sem si, não tinha aprendido tanto nem tinha conseguido chegar até aqui. Acredite que não me vou esquecer de todos os conselhos que me deu, que me ajudaram a tomar muitas decisões e a perceber o mundo ao meu redor. Obrigada por todas as histórias que me contou, pelas longas conversas que tivemos e principalmente por ser quem é. Quando for grande quero ser como a professora.

A todos os professores que me acompanharam ao longo do meu percurso académico, principalmente à Professora Ana Ramos-Pereira, ao Professor José Luís Zêzere, Ricardo Garcia, Jorge Rocha e António Lopes, que foram essenciais no meu desenvolvimento académico e pessoal.

À “grupeta venenosa”, constituída pelas “cobrinhas” Sara Lopes, Márcia Matias e Andry Castro, um enorme obrigada por todo o apoio e ajuda durante este tempo todo. O ânimo, a diversão, as brincadeiras, conversas, alegrias, discussões e principalmente as pausas nestes últimos meses, foram fundamentais para acabar a dissertação a tempo. Sem vocês não seria a

mesma coisa e estou muito grata por vos ter na minha vida e por poder partilhar com vocês todas as minhas conquistas. O ano de 2018 está a ser muito bom para nós, por isso vamos rezar para continuar assim.

Ao João Cardia, Daniela Cristóvão, Patrícia Neto, Andreia Loureiro, Margarida Ribeiro, Catarina Mendes, Filipa Magalhães, André Costa, Raquel Fernandes, Leonor Algarvio, Ana Teves, Inês Fonseca e Inês Henriques que de certa forma contribuíram durante o meu percurso académico, para ter chegado até aqui. Com cada um de vocês aprendi algo e obrigada por tornarem Lisboa a minha segunda casa.

A todos aqueles que ajudaram e apoiaram, mesmo não estando aqui mencionados, não são esquecidos.

Aos meus pais e irmã, por me terem tornado a pessoa que sou hoje e por todo o apoio e incentivo que sempre me deram ao longo destes 23 anos, na concretização dos meus sonhos.

À minha família, que indireta ou indiretamente me ajudou na realização da minha dissertação. O vosso apoio, companhia, paciência e jantares fornecidos foram uma mais valia.

Ao Andry, meu melhor amigo e companheiro de vida. Sem ti, sem o teu apoio e ajuda não teria conseguido ter ânimo para continuar este desafio. A falta de tempo que em certos momentos tive para ti, espero conseguir compensar daqui para a frente. Obrigada por tudo!

Esta dissertação foi realizada no âmbito do projeto *“Reabilitação das Áreas Queimadas na Freguesia de Alvares”*, financiado por doação de O Observador on time SA.



# Índice

Índice de figuras.....	vii
Índice de tabelas.....	ix
Resumo .....	xi
Abstract.....	xiii
<b>Capítulo 1 – Introdução .....</b>	<b>1</b>
1.1- Estado da arte .....	3
1.1.1- Contexto geográfico dos incêndios florestais .....	4
<u>    Incidência de grandes incêndios antes de 1980.....</u>	<u>5</u>
1.1.2 - A Floresta portuguesa e ocupação do solo .....	6
1.1.3 – Principais mudanças sociodemográficas das últimas décadas em Portugal.....	8
1.1.4 - Exposição a incêndios no âmbito da avaliação de risco.....	9
<u>    1.1.4.1 - Modelo concetual .....</u>	<u>9</u>
1.1.5 – Metodologias de avaliação da exposição a incêndios florestais.....	11
<b>Capítulo 2 – Enquadramento geográfico .....</b>	<b>15</b>
2.1 - Freguesia (Alvares) e integração no concelho (Góis).....	15
<u>2.1.1 – Topografia (altitude, declive e exposição das vertentes) .....</u>	<u>16</u>
<u>2.1.2 - Uso e ocupação do solo.....</u>	<u>19</u>
<u>2.1.3 – Clima .....</u>	<u>21</u>
<u>2.1.4 - População .....</u>	<u>22</u>
<u>2.1.5 - Edificado .....</u>	<u>22</u>
<u>2.1.6 - Atividades económicas .....</u>	<u>23</u>
<b>Capítulo 3 – Incêndios florestais na freguesia de Alvares.....</b>	<b>25</b>
3.1 – Histórico de incêndios .....	25
3.2 – Suscetibilidade a incêndios florestais na freguesia de Alvares .....	28
<b>Capítulo 4 – Avaliação da exposição a incêndios florestais .....</b>	<b>33</b>
4.1 – Recolha e tratamento de dados .....	33

4.2 - Escala de análise.....	36
4.3 – Metodologia de avaliação da exposição para as povoações da freguesia.....	38
4.3.1 – Identificação e ponderação dos elementos expostos .....	38
4.3.2 – Probabilidade de um incêndio atingir a povoação .....	38
4.3.3 - Cálculo Final da Exposição a Incêndios para as povoações.....	39
a) Exposição estática .....	39
b) Exposição estrutural.....	40
c) Exposição dinâmica .....	40
4.4 – Exposição das povoações na freguesia de Alvares.....	42
a) Exposição estática .....	42
b) Exposição estrutural.....	43
c) Exposição dinâmica .....	45
4.5 - Validação dos modelos de exposição estrutural.....	50
<b>Capítulo 5 – Fatores de Vulnerabilidade das povoações da freguesia de Alvares .....</b>	<b>53</b>
5.1 - Metodologia.....	53
5.2 – Resultados .....	56
5.3 - Condições de capacidade de resposta .....	58
<b>Capítulo 6- Conclusões .....</b>	<b>63</b>
Bibliografia .....	69
<b>ANEXOS .....</b>	<b>75</b>

# Índice de figuras

Figura 1 – Distribuição do uso do solo em Portugal Continental para 2010 (ICNF,2013).....	6
Figura 2 - Evolução do uso do solo em Portugal Continental de 1995 até 2010 (ICNF,2013) .....	7
Figura 3 - Distribuição das áreas totais por espécie/grupo de espécies (ICNF, 2013). ....	8
Figura 4 - Modelo Concetual do Risco (adaptado de Varnes, 1984).....	10
Figura 5 - Enquadramento Geográfico da Freguesia de Alvares.....	15
Figura 6 - a) Altitude da freguesia de Alvares; b) Declive da freguesia de Alvares; C) Orientação das vertentes de Alvares .....	18
Figura 7 - Ocupação e uso do solo da freguesia de Alvares.....	20
Figura 8 - Temperatura do ar no distrito de Coimbra (IPMA, 2018).....	21
Figura 9 - Precipitação no distrito de Coimbra (IPMA, 2018) .....	21
Figura 10 - residentes das povoações de Mega Cimeira e Roda Cimeira .....	22
Figura 11 - Edifício residencial isolado em Chã.....	23
Figura 12 - Edifícios mais recentes em Oubrais .....	23
Figura 13 - a) Área ardida entre 1990 – 2017 (ICNF, 2018); b) Nº de vezes que a célula de 1ha ardeu entre 1990 -2017 (ICNF, 2018).....	26
Figura 14 - Área ardida à volta do Caniçal (foto obtida a 24 de novembro de 2017).....	27
Figura 15 - área ardida em Foz de Alvares (foto obtida a 25 de junho de 2018).....	27
Figura 16 - Área ardida a volta de simantorta (foto obtida a 25 de junho de 2018) .....	27
Figura 17 - Suscetibilidade a incêndios florestais da freguesia de Alvares Fonte: extraído de Verde (2015).....	29
Figura 18 - Limites iniciais e limite final das povoações da freguesia Alvares (exemplo de Amieiros e Cabeçadas) .....	37
Figura 20 - Exposição estática das povoações da freguesia de Alvares .....	43
Figura 21 - Nº de vezes que cada povoação da freguesia de Alvares foi atingida por um incêndio, entre 1990 e 2017, tendo em conta a chegada de fogo pelo menos ao seu limite exterior .....	44

Figura 22 - Exposição estrutural das povoações da freguesia de Alvares.....	45
Figura 23 – a) Exposição dinâmica das povoações com cenário de BAU; B) Exposição dinâmica das povoações com cenário de abandono.....	46
Figura 24 - Variação das povoações consoante os diferentes cenários usados .....	47
Figura 25 – a) Exposição dinâmica das povoações com cenário de FGC 1/3; b) Exposição dinâmica das povoações com cenário de FGC 2/3; c) Exposição dinâmica das povoações com cenário de FGC 3/3;.....	49
Figura 26 - Dendrograma com divisão das povoações da freguesia de alvares em cinco clusters .....	56
Figura 27 – Vulnerabilidade das povoações da freguesia de Alvares .....	57
Figura 28 - Exemplos de abrigos nas povoações: a) Capela em Milreu; b) Café em Cabeçadas; c) Casa de convívio em Estevianas; D) Igreja em Cortes.....	59



# Índice de tabelas

Tabela 1 - Classes de altitude na freguesia de Alvares .....	16
Tabela 2 – Classes de declive na freguesia de Alvares .....	17
Tabela 3 – Classes de orientação das vertentes na freguesia de Alvares .....	17
Tabela 4 - Classes de ocupação e uso do solo na freguesia de Alvares, por ordem decrescente de área ocupada .....	19
Tabela 5 - Área ardida na freguesia de Alvares por ano de ocorrência (ICNF, 2018) .....	25
Tabela 6 - Classes de suscetibilidade a incêndios florestais, área ardida na freguesia e valor final de rácio .....	30
Tabela 7 - Percentagem de classe de suscetibilidade em cada povoação .....	31
Tabela 8 - Características de dados recolhidos .....	34
Tabela 9 - Variação de percentagem de povoações por classe de exposição consoante os cenários .....	48
Tabela 10 - Intervalo temporal de incêndios florestais, usado para a modelação e validação ..	50
Tabela 11 - Rácios dos diferentes modelos para cada classe de exposição estrutural .....	51
Tabela 12 – Média dos rácios consoante as classes de exposição estrutural .....	51
Tabela 13 - Variáveis estatísticas utilizadas para o cálculo da vulnerabilidade .....	53
Tabela 14 - Caracterização das povoações por classe de vulnerabilidade (< menor; > maior; +- valores intermédios; - valores médios baixos; + valores médios altos; -- valores baixos; ++ valores altos. Valores relativos a percentagens) .....	54
Tabela 15 - Povoações mais próximas que os residentes se podem dirigir, caso não tenham abrigo na sua povoação .....	58
Tabela 16 - Valores convertidos de tempo em distância e classes atribuídas .....	60
Tabela 17 - Resultados obtidos nas componentes de risco analisadas .....	64



# Resumo

Os incêndios florestais são considerados um grave risco ambiental e social em Portugal. O ano de 2017 foi o mais trágico até à data, devido aos elevados danos materiais que ocorreram e às maiores perdas humanas desde que há registo. Neste contexto, avaliar o nível de exposição a incêndios das comunidades locais é crucial para melhorar a sua proteção e capacidade de resposta.

A freguesia de Alvares foi gravemente afetada pelos incêndios de junho de 2017, tendo ardido cerca de 70% da sua área total, com elevados danos materiais. Esta dissertação focou-se na avaliação da exposição a incêndios nesta freguesia, a uma escala detalhada ao nível da povoação, a partir da identificação dos elementos expostos (população, edifícios e estradas). Para cada elemento foi calculada a densidade para a povoação e foram atribuídas ponderações diferentes consoante a função e necessidade de proteção. O valor normalizado (escala 0-100) dos elementos expostos foi, depois, multiplicado pela probabilidade de arder, avaliada em três vertentes: i) estática, assumindo um valor constante de probabilidade de arder; ii) estrutural, baseada no histórico de incêndios da freguesia; iii) dinâmica, baseada em vários cenários simulados de gestão de combustível: Business As Usual (BAU), com condições pré-fogo 2017; abandono, com diminuição da gestão florestal; e implementação de faixas de gestão em diferentes proporções. Os resultados demonstram que as povoações localizadas a norte, nordeste e este estão mais expostas a incêndios, tanto na exposição estrutural como na dinâmica. Considerando os cenários, a percentagem de povoações com exposição muito elevada diminuiu consideravelmente (40%) com a aplicação de faixas de gestão de combustível, em relação aos cenários BAU e abandono.

Os fatores de vulnerabilidade disponíveis para as 36 povoações da freguesia, que caracterizam a população, como o nível de escolaridade, e os edifícios, como o ano de construção, foram também analisados. As povoações foram classificadas em 5 classes de vulnerabilidade a partir da análise hierárquica de clusters com o *método de Ward*. Verificou-se que 25% das povoações se encontram em classe de vulnerabilidade muito alta, e 19% encontram-se na classe elevada.

Estes resultados mostram que a avaliação da exposição a incêndios à escala da povoação pode contribuir para melhorar a caracterização das comunidades locais e definir uma hierarquia de intervenções, de forma a melhorar a capacidade de resposta da comunidade e ajustar os mecanismos de prevenção e proteção que esta pode implementar.

**PALAVRAS-CHAVE:** Exposição a incêndios; elementos expostos; fatores de vulnerabilidade; povoação; Alvares.

# Abstract

Wildfires are considered a serious environmental and social risk in Portugal. The year 2017 was the most tragic to date due to the high material losses that have occurred and the greatest human losses since records exist. In this context, assessing the level of fire exposure of local communities is crucial to improving their protection and response capacity.

The Civil Parish of Alvares was severely affected by the fires of June 2017, having burned about 70% of its total area, with high material damages. This dissertation focused on the evaluation of fire exposure in this parish, on a detailed scale at the village level, based on the identification of the exposed elements (population, buildings and roads). For each element the density was calculated for the settlement and different weights were assigned depending on the function and need for protection. The normalized value (scale 0-100) of the exposed elements was then multiplied by the probability of burning, evaluated in three dimensions: i) static, assuming a constant probability of burning; ii) structural, based on fire history; iii) dynamic, based on several simulated fire propagation scenarios: Business As Usual (BAU), with conditions similar to pre-fire 2017; abandonment, with reduced forest management; and implementation of fuel management network in different proportions. The results show that settlements located in the north, northeast and east are more exposed to fires, both in the structural and dynamic exposure. Considering the scenarios, the percentage of villages with very high exposure decreases considerably (40%) with the implementation of the fuel management network, in relation to the BAU and abandonment scenarios.

The vulnerability factors available for the 36 villages in the parish, which characterize the population, such as education level, and buildings, like the year of construction, were also analyzed. The settlements were classified into 5 classes of vulnerability based on hierarchical clustering with the *Ward method*. It was found that 25% of the villages are in a very high vulnerability class, and 19% are in the high class.

These results show that the assessment of village-level fire exposure can contribute to improving the characterization of local communities and to defining a hierarchy of interventions, in order to improve the community's response capacity and possibly to adjust the prevention and protection mechanisms it can implement.

**KEY WORDS:** Fire exposure; exposed elements; vulnerability factors; settlements; Alvares.



# Capítulo 1 – Introdução

*“O nosso território tem esta complicação: é uma manta retalhada de decisões individuais desgarradas”*

*(José Miguel Cardoso Pereira, jornal O Observador, 17 de Fevereiro de 2018).*

*“A História ensina que temos uma herança a preservar, e que ela deve tornar-se profícua; a Geografia ensina que é preciso proteger as riquezas do planeta, que não são inesgotáveis.” (Geografias de Suzanne*

*Daveau, 2015, p. 140)*

Nos últimos anos, Portugal tem sofrido gravemente com a ocorrência de incêndios florestais, tendo sido destruídos milhares de hectares de floresta. Os anos mais graves, em Portugal Continental, foram os de 2003 e 2005, com 425 726 ha ardidos e 338 262 ha ardidos, respetivamente, e em 2016 no Arquipélago da Madeira, com 6270 ha de área ardida e elevados danos materiais (San-Miguel-Ayaz et al., 2017). O ano de 2017 foi o mais excecional, uma vez que este foi o ano com maior dimensão de área ardida, e com o maior número de perdas humanas e materiais. Segundo os dados provisórios do Instituto de Conservação da Natureza e das Florestas (ICNF, 2017), em 2017 a área ardida foi superior a 492.000 ha, 90% em espaços florestais ou rurais, e, segundo o relatório da Comissão Técnica Independente (2017), só nos incêndios de Pedrogão Grande e Góis, ocorridos em junho de 2017, morreram 65 pessoas, que corresponde a 40% do total de vítimas entre 2000 e 2017, a que se juntaram mais 45 vítimas nos incêndios de outubro (Independente, 2017).

Devido a estes acontecimentos, o projeto em que se insere esta investigação, designado *Reabilitação das Áreas Queimadas na Freguesia de Alvares*, surge como resposta a duas solicitações feitas ao Centro de Estudos Florestais (CEF) do Instituto Superior de Agronomia. O primeiro pedido foi realizado pelo Jornal Observador, com o objetivo de patrocinar a realização de um estudo de caso, situado na região afetada pelos incêndios de junho de 2017, que visasse o desenvolvimento de ações capazes de contribuir para a redução do impacto de futuros incêndios na população e no território. O segundo pedido, feito com o intuito de obter auxílio para os mesmos efeitos, foi realizado pelo Núcleo Fundador da Zona de Intervenção Florestal (ZIF) da Ribeira do Sinhel, constituído por Residentes e proprietários da freguesia de Alvares, que sofreram danos avultados devido aos incêndios de 2017, e também em anos anteriores. A conjugação da resposta a estes pedidos resultou na formulação do projeto acima mencionado, desenvolvido durante 1 ano. Este projeto, de carácter técnico-científico, esteve focado no estudo de estratégias e medidas aplicáveis ao contexto socioeconómico e ambiental

de Alvares, tendo em conta diversas vertentes: o ordenamento, a gestão florestal e a segurança de pessoas e bens. O desenvolvimento da investigação apresentada nesta dissertação insere-se na vertente relacionada com a segurança de pessoas e bens, através da avaliação de componentes do risco para as povoações da freguesia de Alvares.

Posto isto, e no seguimento de estudos recentes (Vasconcelos, 2013; Verde, 2015; Oliveira *et al.*, 2017); verifica-se a necessidade de se analisarem as condições sociais das populações, o nível de exposição de cada povoação, as características que definem diferentes graus de vulnerabilidade e a capacidade de resposta da população, para assim se implementarem medidas de prevenção e mitigação mais adequadas e mais eficientes, para evitar os danos e as perdas resultantes da eventual ocorrência de acontecimentos danosos.

Com isto em mente, o objetivo principal da presente dissertação é aplicar o processo de avaliação da exposição a incêndios, à escala local (freguesia), tendo em conta as condições demográficas e socioeconómicas da população, as características territoriais da freguesia e diferentes cenários de probabilidade de ocorrência de incêndios.

Os objetivos secundários são:

- a) Identificar os principais elementos expostos a potenciais danos causados por incêndios nas povoações da freguesia (população, edifícios e estradas);
- b) analisar a distribuição espacial dos elementos expostos, em relação à suscetibilidade a incêndios na área de estudo;
- c) avaliar os efeitos de diferentes cenários de ocorrência de incêndios nos níveis de exposição das povoações;
- d) analisar os fatores de vulnerabilidade associados aos elementos expostos das comunidades locais, de forma a contribuir para a avaliação da sua capacidade de intervenção e resposta, aquando da ocorrência de incêndios florestais.

Desta forma, através da análise espacial dos vários parâmetros de exposição e vulnerabilidade, esta dissertação teve o propósito de contribuir para propostas de medidas de prevenção e mitigação de incêndios florestais aplicados ao nível local.

Neste contexto, a freguesia de Alvares, inserida no concelho de Góis, é um caso de estudo relevante no âmbito das circunstâncias referidas, uma vez que, entre 17 e 20 de junho de 2017, esta freguesia do centro do país foi fortemente afetada por incêndios, tendo ardido cerca de 70% da área da freguesia, num total de 7 019 hectares (Comissão Técnica



Independente, 2017). Para além da freguesia de Alvares, outras freguesias do concelho de Góis e os concelhos limítrofes também foram severamente afetados pelos incêndios de 2017.

A presente dissertação encontra-se organizada em 6 capítulos estruturantes, seguindo os objetivos previamente expostos. Por conseguinte, este primeiro capítulo introduz o trabalho realizado, apresentando os objetivos e a estrutura da dissertação. Apresenta também o estado do conhecimento atual e a relevância desta temática.

O segundo capítulo corresponde ao contexto geográfico, apresentando um enquadramento biofísico e sociodemográfico do território em estudo. O terceiro capítulo foca a ocorrência de incêndios florestais, através da descrição do histórico dos incêndios em Alvares desde 1990. Para além disso, este capítulo descreve os padrões espaciais de suscetibilidade a incêndios na freguesia em estudo, a partir de estudos anteriores realizados no IGOT, apresentando um panorama das áreas mais propensas à ocorrência de incêndios tendo em conta as condições associadas à topografia e cobertura do solo. No quarto capítulo é apresentada em detalhe a metodologia aplicada para a avaliação da exposição à escala local, assim como os resultados obtidos. No capítulo cinco, são analisados os fatores de vulnerabilidade associados aos elementos expostos e a subsequente hierarquização das povoações, onde se inclui a análise de algumas condições relativas à capacidade de resposta em caso de incêndio. O último capítulo apresenta as principais conclusões deste trabalho, refletindo nos resultados obtidos, tendo em conta as potenciais implicações para a prevenção e mitigação de incêndios à escala local e a possibilidade de aplicar a metodologia a outras áreas com características territoriais semelhantes.

## 1.1 - Estado da arte

Os incêndios florestais são um fenómeno com grandes impactos ambientais, sociais e económicos, sendo atualmente uma das principais ameaças à sustentabilidade dos espaços florestais, bem como à segurança das populações (Nunes *et al.*, 2015; Oliveira *et al.*, 2017). Segundo Julião *et al.*, (2009, p.72), os incêndios florestais são “um fogo incontrolado em florestas, matas e outros espaços com abundante vegetação (matos, áreas de incultos e áreas agrícolas)”, ocorrendo quando o calor produzido pela queima do combustível vegetal, proporciona energia suficiente para que o fogo propague. A sua propagação ocorre através de quatro maneiras: pela superfície, pelas copas das árvores, pelo solo (Vasconcelos, 2013) e através de focos secundários (Almeida, 2011). Os incêndios florestais são considerados um

fenómeno geográfico, uma vez que as suas origens estão associadas a fatores territoriais, tendo os seus efeitos uma grande incidência na paisagem (Nunes, 2001; Vasconcelos, 2013).

Ao nível global, cerca de 90% dos incêndios são causados por atividades humanas (FAO, 2007; Costafrede-Aumedes *et al.*, 2017), quer por negligência e acidentes, quer intencionalmente. As causas naturais representam a menor percentagem, e derivam sobretudo de erupções vulcânicas e trovoadas. No contexto europeu, a proporção de incêndios de causa humana corresponde a mais de 95% (San-Miguel-Ayanz *et al.*, 2013).

### **1.1.1- Contexto geográfico dos incêndios florestais**

A ocorrência de incêndios florestais na estação do verão é um acontecimento frequente na Europa Mediterrânea (Dimuccio *et al.*, 2008; Vasconcelos, 2013). Só entre 2000 e 2012 foram registados em média, por ano, 55 mil incêndios nos países do sul da Europa, resultando em 410 mil hectares de área ardida anualmente (Oliveira *et al.*, 2014; Mateus, 2015; Nunes *et al.*, 2015; San- Miguel- Ayanz *et al.*, 2017). No entanto, os países do norte da Europa também já começam a ser afetados por incêndios florestais de grandes dimensões, como foi o caso da Suécia em 2018, resultante de um verão excecionalmente seco e quente.

As características climáticas e a longa e intensa presença humana, bem como as influências que esta tem no regime do fogo, são fatores-chave que justificam a maior propensão dos países mediterrânicos para a incidência de incêndios florestais (Ferreira-Leite *et al.*, 2013; Nunes *et al.*, 2015). O clima mediterrâneo é caracterizado pela coincidência temporal da estação mais quente com a estação mais seca (verão) e com invernos moderados, que propiciam o crescimento da vegetação (Rebelo, 2015), criando assim as condições favoráveis à deflagração e progressão de incêndios (Dimuccio *et al.*, 2008; Henriques, 2011; San-Miguel-Ayanz *et al.*, 2012; San-Miguel-Ayanz *et al.*, 2013; Nunes *et al.*, 2015; Vasconcelos, 2013; Fernandes, 2015; Verde, 2015).

Portugal é o país do sul da Europa mais afetado por incêndios florestais (Santos, 2010; Alves, 2012; Verde, 2015; Turco *et al.*, 2016; Oliveira *et al.*, 2017; Tonini *et al.*, 2017). A ocorrência de incêndios no país depende não só de fatores climáticos e topográficos, mas também de fatores sociais, relacionados com as dinâmicas demográficas e alterações socioeconómicas verificadas nas últimas décadas; as mudanças no uso do solo devido à industrialização, o despovoamento das zonas rurais e a migração para o litoral, a diminuição da pressão da pastorícia e da recolha de lenha e o aumento da mecanização, levaram a um abandono das terras agrícolas e à

consequente recuperação espontânea da vegetação, resultando na acumulação de combustível que potencia propagação de futuros incêndios cada vez maiores (Henriques, 2011; Ferreira–Leite *et al.*, 2013; Verde, 2015; Nunes *et al.*, 2016; Oliveira *et al.*, 2017). Desde 1980 até 2016, a média anual de área ardida em Portugal ronda os 111 979 ha, com grande variabilidade anual, sendo excecionalmente maior em 2003, 2005 e 2017 (Nunes *et al.*, 2016; San-Miguel-Ayanz *et al.*, 2017; ICNF, 2017). O ano de 2011 também apresentou condições particulares, uma vez que os maiores incêndios florestais ocorreram maioritariamente no mês de outubro, quando normalmente as condições meteorológicas não são tão favoráveis à ignição e propagação de incêndios (ICNF, 2012). O ano de 2014 foi, desde 1990, o ano com menor área ardida e com um menor número de ignições devido essencialmente às condições meteorológicas sentidas nesse ano, associadas a um verão mais frio. Este foi o principal motivador da diminuição dos impactos dos incêndios florestais nesse ano (San-Miguel-Ayanz *et al.*, 2017). Estima-se que nos últimos 10 anos, tenham ocorrido cerca de 20.000 incêndios anualmente (Hirschberger, 2016; San-Miguel Ayanz *et al.*, 2017), concentrados no litoral norte e centro, principalmente na região do Minho. Em relação à área ardida, o padrão difere, sendo o interior norte e centro do país as áreas mais afetadas (Verde, 2008; Nunes *et al.*, 2016; Oliveira *et al.*, 2017). No que diz respeito à dimensão dos incêndios, Tonini *et al.*, (2017) verificaram que, entre 2000 e 2013, 54,8% do total de incêndios ocorridos entre 1990 e 2013 foram de pequena dimensão (5 a 15 ha de área ardida), 33,2% foram incêndios de média dimensão (15 a 100 ha de área ardida); e 11,8% foram incêndios de grande dimensão, com mais de 100 ha de área ardida.

### ***Incidência de grandes incêndios antes de 1980***

Apesar da maior incidência de grandes incêndios florestais (>100 ha) nas últimas décadas, nem sempre esta foi a realidade de Portugal. Embora não sejam conhecidos muitos documentos, antes do século XX existem algumas referências a grandes incêndios florestais. Silva & Batalha (1859) mencionam que a região da Mata Nacional de Leiria foi afetada por vários fogos, entre 1818 e 1824, sendo que o último ocorrido terá afetado uma grande área (5 000 ha). Pinto (1939) refere também este mesmo incêndio na sua obra “*O Pinhal do Rei*”. Outro incêndio florestal, também de grandes proporções, ocorreu na mata do Buçaco no século XIX, em 1882 ou 1883, sendo referido por Navarro (1884) no seu livro “*Quatro dias na Serra da Estrela*” (Ferreira–Leite *et al.*, 2013). Mais recentemente, nos anos 60 do séc. XX, registaram-se três incêndios florestais de grandes dimensões: em 1961, no Vale do Rio (Figueiró dos Vinhos,

Leiria); em 1962, em Viana do Castelo; e em 1964, em Boticas; (Ferreira–Leite *et al.*, 2013). Apesar destas ocorrências, até à década de 70 os incêndios não eram considerados um problema para o país, sendo a partir desta data que as consequências mais sérias se começaram a evidenciar. Várias foram as razões para tal, destacando-se a acumulação de combustível nas florestas, por causa da diminuição da prática do pastoreio e o aumento das áreas abandonadas de antigas terras agrícolas, devido ao êxodo rural (Dimuccio *et al.*, 2008; Ferreira–Leite *et al.*, 2013). Posto isto, começou a haver um aumento da ocorrência de incêndios florestais a partir da década de 80, com dimensões superiores a 100 hectares. Esta década é considerada por muitos autores como o início de uma nova realidade, no que diz respeito a grandes incêndios florestais (Dimuccio *et al.*, 2008; Santos, 2010; Ferreira – Leite *et al.*, 2013; Rebelo, 2015; Verde, 2015).

### 1.1.2 - A Floresta portuguesa e ocupação do solo

De acordo com os resultados do último inventário Florestal Nacional (ICNF, 2013), cerca de 1/3 (35%) do território português é constituído por floresta, na sua maioria privada, e 32% são áreas de matos e pastagens (ICNF, 2013). Dos restantes, 24% é agricultura, 5% área urbana e 2% águas interiores e improdutivo (figura 1). Estes valores colocam Portugal, em relação à média dos 27 países da União Europeia, com a maior percentagem de espaços florestais (ICNF, 2013).

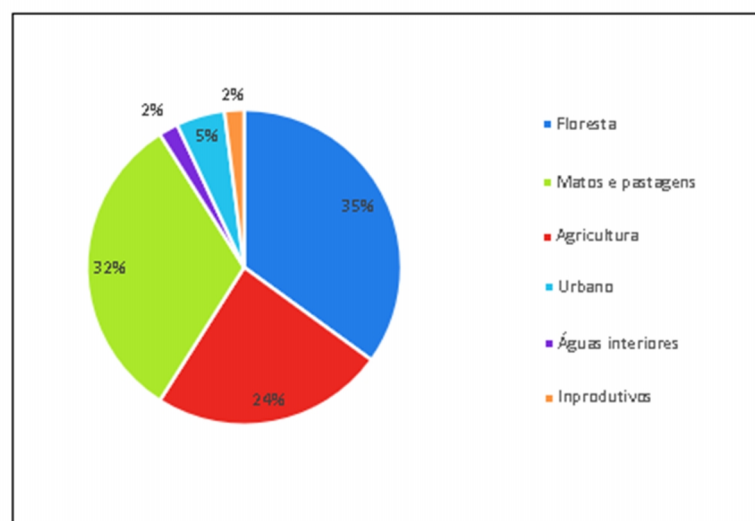


FIGURA 1 – DISTRIBUIÇÃO DO USO DO SOLO EM PORTUGAL CONTINENTAL PARA 2010 (ICNF, 2013)

Durante o século XX, as florestas em Portugal sofreram uma expansão territorial significativa. Em 1865, existiam 15 000 ha, enquanto que em 1995 existiam já 3 305 000 ha; para este aumento contribuíram as ações implementadas durante o Estado Novo e os financiamentos comunitários, que promoveram a plantação florestal por parte da população (Verde, 2015). De acordo com a figura 2, de 1995 até 2010 houve um declínio na área florestal, de cerca de -4,6%, sendo que em 2010 resulta num total de área florestal de 3 154 800 ha (ICNF, 2013; Verde, 2015). Este declínio deveu-se maioritariamente aos incêndios florestais, contudo, segundo Verde (2015), esta não foi a principal razão, apontando a conversão para a classe de uso “matos e pastagens” e uma doença que afetou gravemente o pinhal-bravo (nemátodo), como as principais razões para a diminuição da área florestal. No entanto, não foram só as áreas florestais que perderam dimensão. O uso agrícola é a classe com um maior decréscimo, de cerca de 12%, entre 1995 e 2010, devido à conversão destes terrenos para matos e pastagens, classe que sofreu um aumento significativo nos 15 anos em análise. Em 1995 apresentava uma área de 2 539 279 ha e em 2010 aumentou para cerca de 2 853 228 ha (ICNF, 2013).

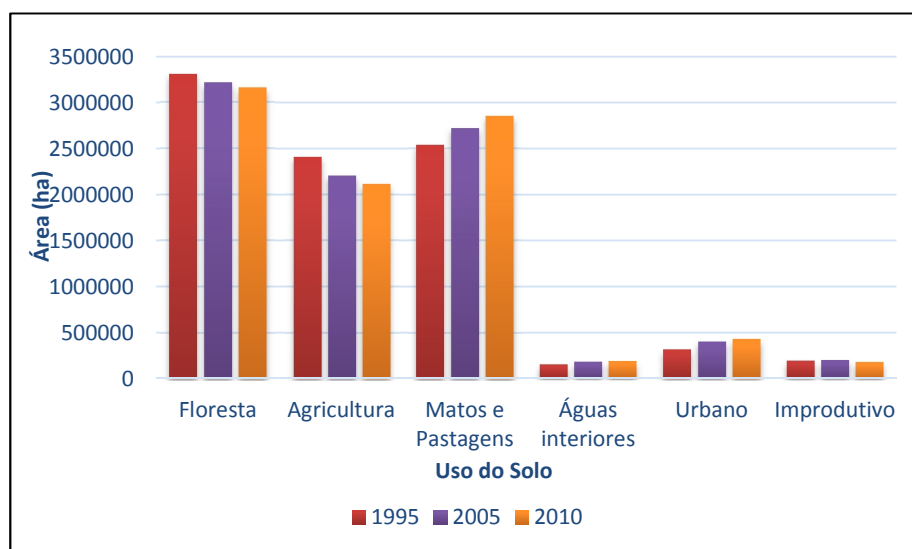


FIGURA 2 - EVOLUÇÃO DO USO DO SOLO EM PORTUGAL CONTINENTAL DE 1995 ATÉ 2010 (ICNF,2013)

No que diz respeito à distribuição das áreas totais de espécies em Portugal (figura 3), a área ocupada por espécies folhosas corresponde a 69% e as espécies resinosas representam 31% da floresta portuguesa. A espécie dominante é o eucalipto, apresentando a maior superfície

florestal do país (aproximadamente 812 mil ha; 26%), sendo a espécie que teve um maior aumento de área desde 1995 até 2010. O sobreiro, aparece logo em segundo lugar, com aproximadamente 737 mil ha (23%), não tendo sofrido uma perda significativa na sua área ao longo dos quinze anos em análise. O pinheiro-bravo detém uma área de 714 mil ha (23%), sendo a espécie florestal com um maior decréscimo de área desde 1995 até 2010. As restantes espécies não apresentam alterações significativas na área que ocupam, tendo existido, contudo, um aumento das áreas de pinheiro-manso e de castanheiros e uma diminuição dos carvalhos (ICNF, 2013).

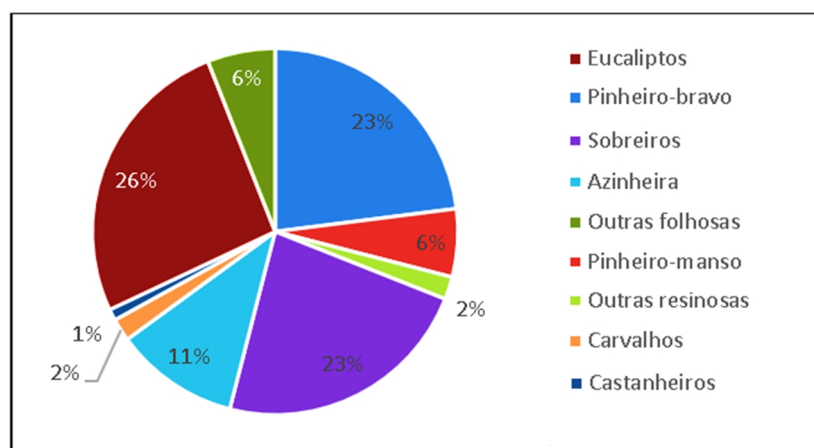


FIGURA 3 - DISTRIBUIÇÃO DAS ÁREAS TOTAIS POR ESPÉCIE/GRUPO DE ESPÉCIES (ICNF, 2013).

Portugal é afetado sucessivamente com elevados prejuízos devido à destruição da sua área florestal (Santos, 2010). Segundo Verde (2015), o valor direto das florestas portuguesas, ou seja, o valor da madeira, é um total de 1.1 mil milhões de euros, em que o valor global (estando incluídos os produtos secundários), é de aproximadamente 7.750 milhões de euros. Por conseguinte, torna-se essencial evitar a perda destes valores florestais, melhorar a proteção dos espaços florestais e reduzir a incidência de incêndios florestais.

### 1.1.3 - Principais mudanças sociodemográficas das últimas décadas em Portugal

Nas últimas quatro décadas, Portugal tem sofrido grandes mudanças sociais e económicas, que são bastante visíveis na diminuição da população residente e no envelhecimento da população, mais evidente nas áreas rurais do país (Nunes *et al.*, 2016; Oliveira *et al.*, 2017). Segundo os Censos, desde 1991 até 2011, o índice de envelhecimento aumentou de 72,1 em 1991, para 127,8 em 2011, revelando um aumento substancial da população idosa em relação

aos jovens. A percentagem de população idosa, desde 2001 até 2011 aumentou em 3%. Já em 2011, a percentagem de população idosa era de 19,3%, ultrapassando assim a percentagem de população jovem (13,7%). A população jovem e ativa começou a partir dos anos 80, a migrar para grandes cidades das áreas costeiras e para fora do país, uma vez que estas acabam por oferecer melhores condições de trabalho, educação e de saúde (Alves, 2013; Peixoto *et al.*, 2017). Isto resultou no abandono do setor primário (como a agricultura, a caça, a silvicultura, a pastorícia e a produção animal). O abandono de terras, a diminuição de recolha de materiais combustíveis e consequentemente a acumulação de vegetação arbustiva e matos e o aumento do combustível florestal durante o inverno e primavera, é mais marcada nos concelhos do interior e norte do país.

Estas tendências refletem-se na diminuição do dinamismo das comunidades locais, que perdem pessoas, especialmente os mais jovens, e atividades económicas, limitando as suas possibilidades de atuação também nas vertentes ambiental e social.

#### **1.1.4 - Exposição a incêndios no âmbito da avaliação de risco**

##### **1.1.4.1 - Modelo concetual**

A avaliação da exposição a incêndios está integrada na avaliação de risco e incorpora conceitos e interações aplicados também a outro tipo de eventos, naturais, tecnológicos ou ambientais. Apesar de não haver consenso sobre a terminologia aplicada e os modelos de avaliação (Ciurean *et al.*, 2013; Costa & Kropp, 2013; Oliveira *et al.*, 2018), é fundamental definir claramente os conceitos associados às várias componentes da avaliação de risco (Verde, 2015; Verde e Zêzere, 2010), onde o tema desta dissertação se insere.

O modelo concetual da avaliação de risco usado na presente dissertação (figura 4), foi elaborado por Varnes em 1984, tendo como componentes de análise a perigosidade (constituída pela probabilidade e suscetibilidade), exposição, vulnerabilidade e o risco.

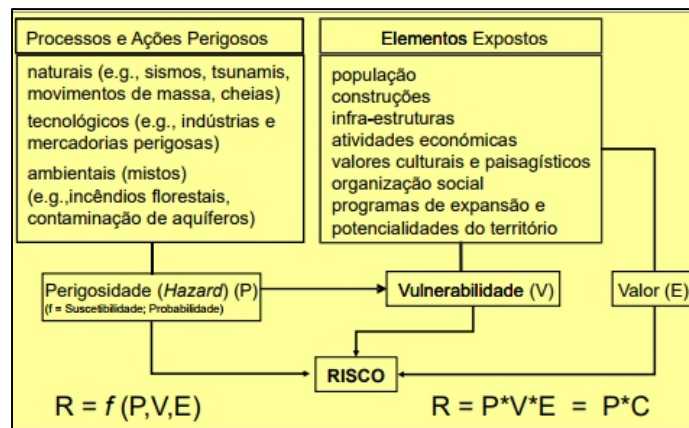


FIGURA 4 - MODELO CONCEITUAL DO RISCO (ADAPTADO DE VARNES, 1984)

A perigosidade é, segundo Varnes e IAEG-CLOMMS (1984, *in* Garcia, 2012, p.45) “a probabilidade de ocorrência de um fenómeno danoso numa dada área e num determinado período de tempo” ou então, pode ser compreendido por “um evento físico potencialmente danoso ou atividade humana que possa causar perda de vidas ou ferimentos, danos de bens, interferência social e económica ou degradação ambiental (...)” (AFN, 2012, *in* Vasconcelos, 2013, p38).

A suscetibilidade, segundo Julião *et al.* (2009, p.22) é referente à “incidência espacial do perigo, representando a propensão para uma área ser afetada por um determinado perigo, em tempo indeterminado, sendo avaliada através dos fatores de predisposição para a ocorrência dos processos ou ações, não contemplando o seu período de retorno ou a probabilidade de ocorrência”, indicando assim a propensão de uma determinada área ou unidade territorial, para ser afetada por um determinado fenómeno perigoso (Rebelo, 2015; Vasconcelos, 2013).

A exposição mede-se pela presença de elementos expostos ou potencialmente afetáveis por um processo perigoso natural, tecnológico ou ambiental, num determinado território (Julião *et al.*, 2009; UNDRO, 1979, *in* Verde & Zêzere, 2010). Refere-se especificamente à distribuição espacial e à densidade de pessoas e bens, como edifícios e infraestruturas, entre outros, em áreas sujeitas à ocorrência de um potencial evento danoso, estando por isso sujeitas a perdas (UNISDR, 2009, *in* Nunes *et al.*, 2015; Oliveira *et al.*, 2014; Oliveira *et al.*, 2018).

A vulnerabilidade é definida como “o grau de perda de um elemento em risco em resultado da ocorrência de um fenómeno potencialmente danoso, numa escala relativa que varia entre 0 (não ocorre qualquer dano) e 1 (destruição total). Os elementos em risco podem ser pessoas, bens, atividades económicas, etc.” (Varnes e IAEG, 1984). Contudo, a vulnerabilidade pode ser insuficiente para quantificar o dano, sendo este muitas vezes relacionado com o valor



monetário do elemento em risco, ou seja, no valor que será necessário para recuperar uma atividade ou um bem parcialmente ou totalmente destruído (Verde, 2008).

O conceito de risco é muitas vezes usado para referenciar situações de dano potencial e probabilidade de ocorrência, quando na realidade, o termo de perigosidade é que deve ser compreendido como a probabilidade de ocorrência associada às condicionantes do território, informando assim a área onde é mais provável que um incêndio progrida e a sua severidade (Verde e Zêzere, 2010). Sendo assim, o termo risco, segundo Bachman & Allén (1999, *in* Verde, 2008, p.16) é “a probabilidade de que um incêndio florestal ocorra num local específico, sob determinadas circunstâncias, e as suas consequências esperadas, caracterizadas pelos impactos nos objetos afetados”, integrando assim todos os componentes do modelo de risco.

### **1.1.5 – Metodologias de avaliação da exposição a incêndios florestais**

A gestão do risco tem como base o conhecimento dos elementos expostos, as características do território em análise, os fatores de suscetibilidade e a probabilidade de ocorrência. A avaliação da exposição é uma das componentes da análise de risco, focada na densidade e distribuição espacial dos elementos presentes nas áreas onde um incêndio florestal pode ocorrer e causar danos. Para além disso, a análise da vulnerabilidade também é uma componente fundamental na análise de risco, uma vez que permite conhecer as condições que reduzem ou aumentam a propensão dos elementos expostos para sofrerem determinado tipo e magnitude de danos (Bento-Gonçalves *et al.*, 2014; Oliveira *et al.*, 2018).

Desta forma, alguns estudos analisam a exposição a incêndios como parte integrante de um modelo de vulnerabilidade, como é o caso de Birkmann *et al.*, (2013), em que fazem uma avaliação do risco de perda e dano global, com a integração da exposição, vulnerabilidade e risco; Chuvieco *et al.*, (2014) realizam uma integração de fatores ecológicos e sociodemográficos para avaliar a vulnerabilidade aos incêndios florestais à escala global; Oliveira *et al.*, (2018) elaboram o mapeamento da vulnerabilidade a incêndios florestais na Europa Mediterrânea, integrando a exposição e a capacidade de resposta como componentes da vulnerabilidade. No entanto, outros estudos focaram-se na análise de diferentes níveis de exposição dos elementos em risco associados a simulações de comportamento do fogo resultantes de características territoriais, como a ocupação do solo e a topografia. Para este caso, Mitsopoulos *et al.*, (2014) realiza o mapeamento da exposição das bacias hidrográficas da Montanha Menoikio, na Grécia, a incêndios florestais, com recurso a simulações de

comportamento de fogo; Alcasena *et al.*, (2015) fazem uma abordagem de modelação de fogo para avaliar a exposição a incêndios florestais no centro de Navarra, Espanha; Salis *et al.*, (2012, 2015) avalia a exposição dos valores humanos e ecológicos a incêndios florestais na Sardenha, Itália. Para Portugal, os estudos existentes até agora sobre exposição a incêndios são integrados em modelos de avaliação de vulnerabilidade, desenvolvidos para contextos geográficos mais alargados. Rebelo (2015) avalia o risco de incêndios florestais nos concelhos de São Brás de Alportel e Tavira, resultando na multiplicação da suscetibilidade, da vulnerabilidade das espécies florestais e do valor económico das florestas por tipo de ocupação de solo, na área de estudo. A suscetibilidade é calculada utilizando o método do valor informativo, utilizando como variável dependente as áreas aridas e como fatores condicionantes a altimetria, o declive, a exposição das vertentes e a ocupação do solo. Na vulnerabilidade das espécies florestais é utilizado um inventário detalhado das espécies existentes na área de estudo, tendo sido dada uma ponderação específica tendo em conta a mortalidade das espécies florestais. Por último, o valor económico das florestas foi obtido por um simulador de valores económicos; Bento-Gonçalves *et al.*, (2014) faz uma avaliação da vulnerabilidade a incêndios florestais na região do Minho, que integra elementos de exposição (presença de pessoas, bens ou outros elementos em áreas sujeitas a um potencial incêndio), sensibilidade (condições que reduzem ou aumentam a propensão dos elementos expostos para sofrerem determinado tipo e magnitude de dano) e capacidade de antecipação e resposta (que são as atividades que aumentam a preparação, resiliência e capacidade de adaptação dos elementos expostos); e Fernandes (2013) elabora o risco de incêndio florestal em áreas de interface urbano – florestal na bacia hidrográfica das ribeiras de Alge e Pera, analisando fontes documentais, como bibliografia e mapas, cartas e ortofotomapas. Os relatos das pessoas residentes e testemunhos de quem viveu as situações estudadas pelo autor, também foram um contributo importante para então perceber o porquê de cada vez mais incêndios se aproximarem do espaço rural.

Atualmente, o Guia Técnico para os Planos Municipais de Defesa da Floresta contra Incêndios (PMDFCI), publicado pelo ICNF em 2012, descreve os vários conceitos que integram o modelo conceptual de risco e apresenta opções metodológicas para a sua aplicação. Este documento serve de referência para a criação dos PMDFCI, constituindo uma base técnica importante para o desenvolvimento de ferramentas cartográficas e de análise espacial à escala municipal. Os conceitos utilizados no modelo de risco são:

- a probabilidade, que se traduz na ocorrência de um fenómeno num determinado local em determinadas condições;

- a suscetibilidade, que expressa as condições que o território apresenta para a ocorrência potencial de um fenómeno danoso;
- a perigosidade, que é a conjugação da probabilidade e da suscetibilidade, e resulta na probabilidade de ocorrência de um fenómeno potencialmente danoso, numa determinada área e num determinado intervalo de tempo;
- a vulnerabilidade, ou seja, o grau de perda a que um determinado elemento em risco está sujeito. Esta componente acaba por conter os elementos expostos, sendo posteriormente atribuída uma ponderação consoante o seu grau de importância; o valor económico de mercado dos elementos em risco;
- o dano potencial, que resulta na multiplicação do valor económico e da vulnerabilidade;
- e por último, o risco, sendo este a probabilidade de um evento danoso ocorrer numa área específica, em determinadas circunstâncias e as consequências esperadas nos elementos estudados. O valor final de risco traduz-se na conjugação da probabilidade, suscetibilidade, vulnerabilidade e valor.



# Capítulo 2 – Enquadramento geográfico

## 2.1 - Freguesia (Alvares) e integração no concelho (Góis)

A freguesia de Alvares está inserida na sub-região do Pinhal Interior Norte (NUTS III) e pertence ao concelho de Góis, distrito de Coimbra (Figura 5). O concelho de Góis é composto por quatro freguesias, nomeadamente Góis, Alvares, União de freguesias de Cadafaz e Colmeal e Vila Nova do Ceira. A área de estudo corresponde à freguesia mais a sul do concelho, e tem como concelhos limítrofes Castanheira de Pêra a Noroeste, Pedrogão Grande a Sudoeste, e Pampilhosa da Serra na parte este.

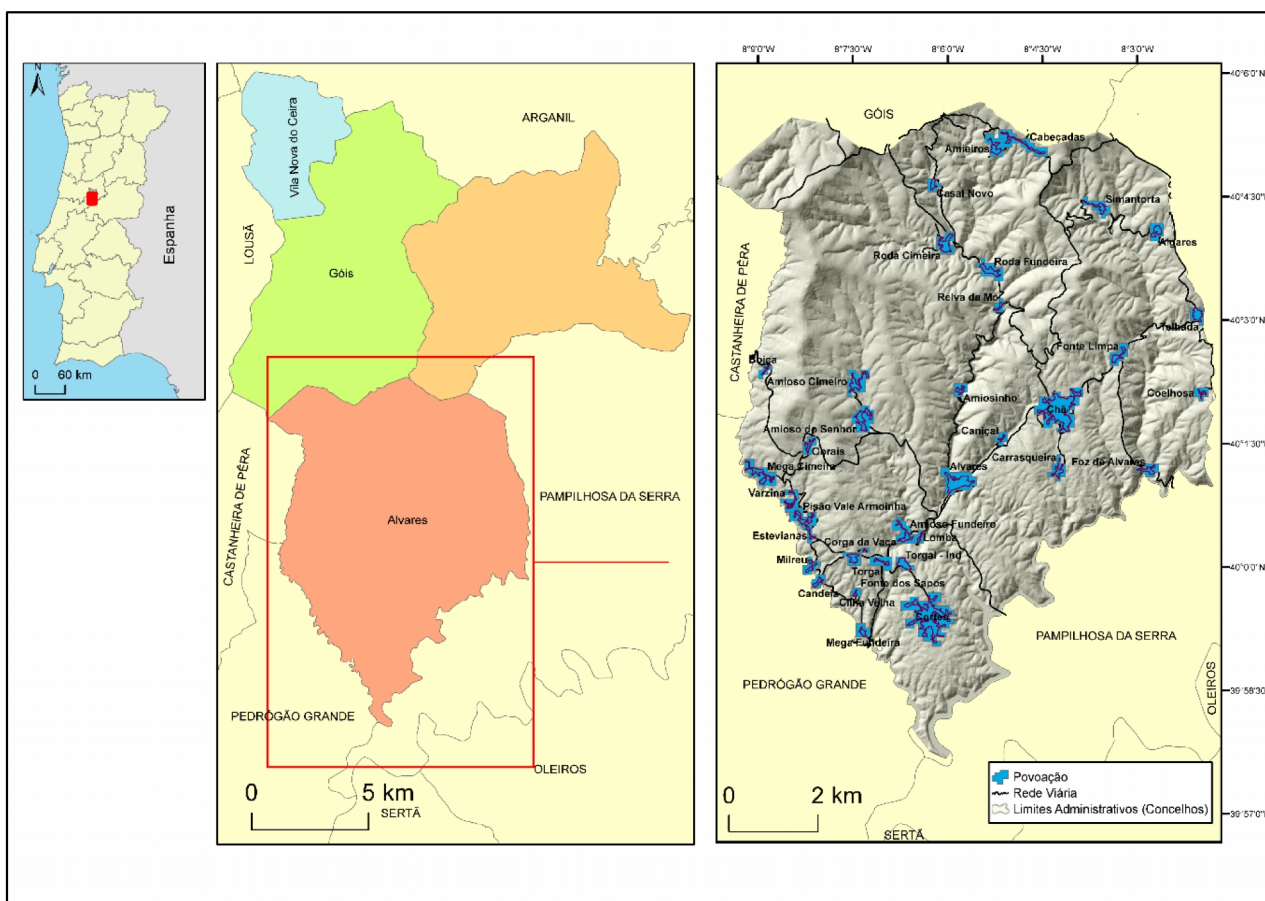


FIGURA 5 - ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO DA FREGUESIA DE ALVARES

A freguesia de Alvares possui uma área de 100,57 km<sup>2</sup> e a sua população consiste em 812 pessoas, segundo os Censos de 2011 (INE, 2012). A população encontra-se distribuída por 36 povoações, cuja área varia entre 0,8 km<sup>2</sup> e 0,02 km<sup>2</sup>. A povoação com maior número de

residentes é Cortes, com 208 habitantes, seguindo-se Alvares, com 123 habitantes e Chã com 95 habitantes. Estas três povoações concentram 54% da população da freguesia. Referentemente aos edifícios, a povoação com mais edifícios é Cortes, com 339 edifícios, dos quais 70,8% são edifícios isolados e 92,8 % são edifícios exclusivamente residenciais. A povoação com menor número de edifícios, é Pisão Vale Armoinha, com 10 edifícios existentes.

### 2.1.1 – Topografia (altitude, declive e exposição das vertentes)

A freguesia de Alvares encontra-se confinada a sul pelo rio Alvar, com altitudes entre os 300 e os 400m, e pelas Serras da Lousã e do Açor a norte, com cota máxima de 1176m (figura

6a). Apresenta uma topografia bastante acidentada, com mais de 50 % da área total da freguesia com altitude acima de 500m. Apesar disto, as áreas planas ocupam ainda 15,1% da área de estudo (tabela 1). Estas áreas correspondem aos fundos de vale entalhados pela rede hidrográfica. Relativamente aos declives, a freguesia apresenta declives acentuados (figura 6b), com 37,7% da sua área com declives superiores a 20º e apenas 7,84% do território apresenta declives menores que 5º, que correspondem aos fundos de vale (tabela 2). A maioria das povoações da freguesia encontra-se em declives baixos, rodeados de vertentes com declives elevados, à exceção de algumas povoações na parte norte que se localizam em declives mais elevados. Relativamente à orientação das vertentes (figura 6c), na freguesia de Alvares destacam-se as vertentes orientadas a sudoeste com a maior percentagem (17,14%) e as áreas planas com a menor percentagem (2,88%). As vertentes orientadas a norte e a noroeste, têm uma percentagem de 7,51% e 6,34%, respetivamente, e todas as outras classes apresentam uma percentagem semelhante, entre 11% e 14%, à exceção de sudoeste (tabela 3).

TABELA 1 - CLASSES DE ALTITUDE NA FREGUESIA DE ALVARES

Altitude (m)	Área da Classe (km <sup>2</sup> )	Área da Classe (%)
[300-400]	15,15	15,06
[400-500]	26,09	25,94
[500-600]	23,33	23,20
[600-700]	17,71	17,61
[700-800]	9,29	9,24
[800-900]	4,39	4,36
>900	4,42	4,39

TABELA 2 – CLASSES DE DECLIVE NA FREGUESIA DE ALVARES

<b>Declive (°)</b>	<b>Área da Classe (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Área da Classe (%)</b>
<b>[0-5]</b>	7,88	7,84
<b>]5-10]</b>	10,79	10,73
<b>]10-20]</b>	43,80	43,55
<b>]20-30]</b>	30,71	30,53
<b>]30-52,21]</b>	7,20	7,16

TABELA 3 – CLASSES DE ORIENTAÇÃO DAS VERTENTES NA FREGUESIA DE ALVARES

<b>Orientação das Vertentes</b>	<b>Área da Classe (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Área da Classe (%)</b>
<b>Plano</b>	2,89	2,88
<b>Norte</b>	6,34	6,30
<b>Nordeste</b>	11,21	11,15
<b>Este</b>	13,35	13,28
<b>Sudeste</b>	13,19	13,12
<b>Sul</b>	14,02	13,94
<b>Sudoeste</b>	17,41	17,31
<b>Oeste</b>	14,40	14,32
<b>Noroeste</b>	7,56	7,51

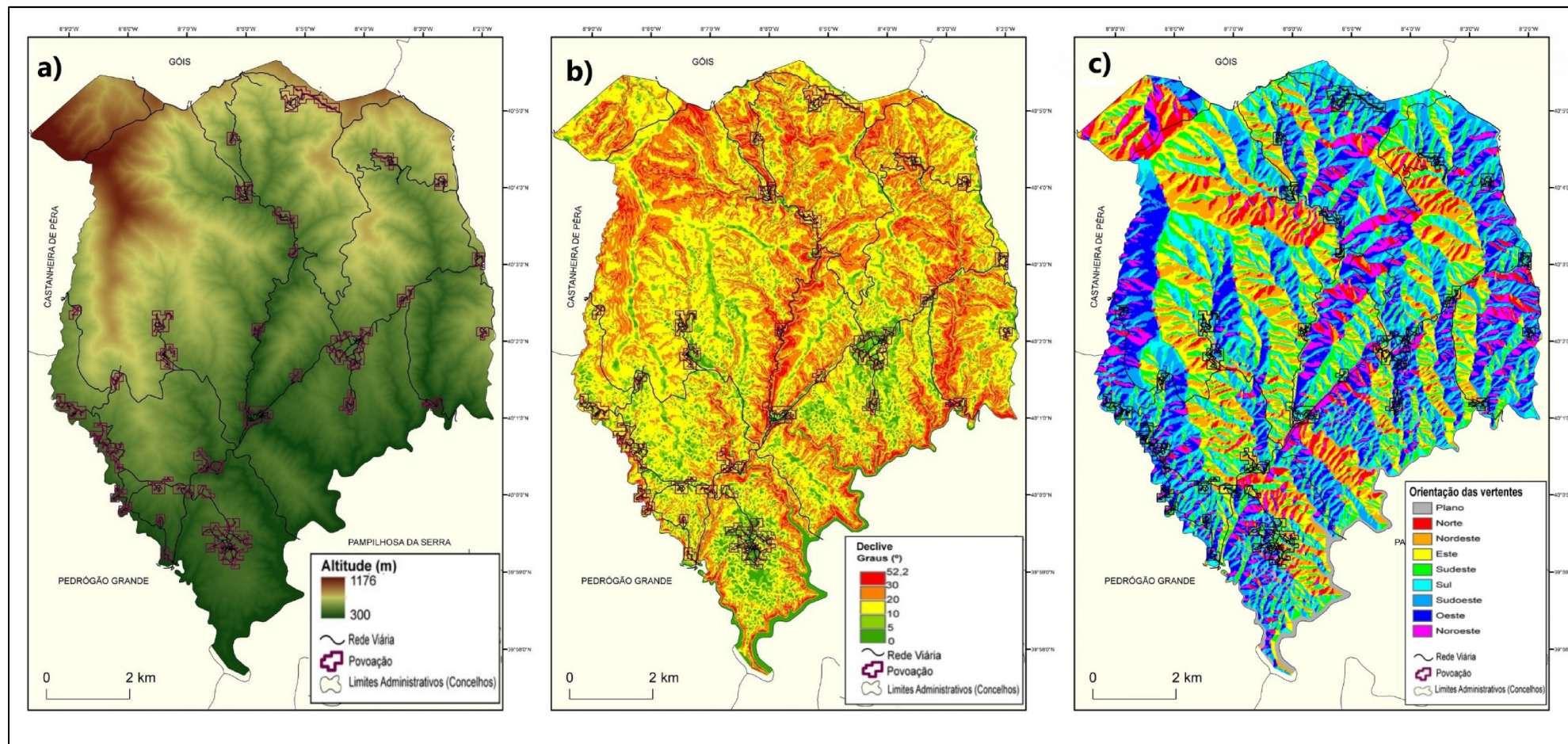


FIGURA 6 - A) ALTITUDE DA FREGUESIA DE ALVARES; B) DECLIVE DA FREGUESIA DE ALVARES; C) ORIENTAÇÃO DAS VERTENTES DE ALVARES



## 2.1.2 - Uso e ocupação do solo

Com a análise do uso e ocupação do solo de 2015 da Direção Geral do Território (figura 7), denota-se que aproximadamente 96% da freguesia de Alvares é ocupada por floresta e matos, havendo uma predominância de floresta de eucalipto com uma extensão de 53,35 km<sup>2</sup> (53,04%) e de florestas de pinheiro bravo, com 29,79 km<sup>2</sup> (29,62%). O tecido urbano contínuo é mais notório nas povoações de maior dimensão, sendo também visível que todas estas têm ao seu redor, pequenas áreas de agricultura com espaços naturais e semi-naturais e culturas temporárias e/ou pastagens associadas a culturas permanentes (tabela 4). É de destacar a existência de área protegida na freguesia de Alvares, no setor noroeste da freguesia, tendo sido em setembro de 2017, integrada a Serra da Lousã na rede europeia de áreas protegidas – Rede Natura2000.

Classes de Ocupação e Uso do Solo	Categorias de Ocupação e Uso do Solo	Área da Classe (km <sup>2</sup> )	Área da Classe (%)
Floresta de Eucalipto	Florestas de eucalipto	53,35	53,04
Floresta de pinheiro bravo	Florestas de pinheiro bravo	29,79	29,62
Matos	Matos	4,92	4,89
Outras florestas	Florestas de outras folhosas	4,49	4,46
Outras florestas	Florestas de outras resinosas	1,74	1,73
Agricultura	Sistemas culturais e parcelares complexos	1,21	1,20
Corpos de água	Planos de água	1,19	1,19
Agricultura	Olivais	1,16	1,15
Agricultura	Agricultura com espaços naturais e semi-naturais	0,61	0,60
Outras florestas	Florestas de espécies invasoras	0,51	0,51
Territórios artificializados	Tecido urbano contínuo	0,44	0,44
Territórios artificializados	Tecido urbano descontínuo	0,43	0,43
Espaços descobertos ou veg. esparsa	Espaços descobertos ou com pouca vegetação	0,32	0,32
Pastagens	Culturas temporárias e/ou pastagens associadas a culturas permanente	0,18	0,18
Espaços descobertos ou veg. esparsa	Vegetação herbácea natural	0,07	0,07
Territórios artificializados	Indústria, comércio e equipamentos gerais	0,05	0,05
Agricultura	Culturas temporárias de sequeiro e regadio	0,05	0,05
Planos de água	Cursos de água	0,03	0,03
Pastagens	Pastagens permanentes	0,02	0,02

TABELA 4 - CLASSES DE OCUPAÇÃO E USO DO SOLO NA FREGUESIA DE ALVARES, POR ORDEM DECRESCENTE DE ÁREA OCUPADA



### 2.1.3 – Clima

Em termos climáticos, a freguesia de Alvares é caracterizada por um clima mediterrâneo, com um verão quente, seco e suave e com invernos chuvosos e temperaturas mais baixas. Uma vez que não existem estações meteorológicas na freguesia, os dados analisados são da estação de Coimbra entre os anos de 1981 e 2010.

A temperatura média mensal (figura 8), varia entre os 9,9 °C no mês de janeiro e os 21,9°C no mês de julho e agosto, sendo que a temperatura média máxima é de 28,7 °C, referente ao mês de agosto e a temperatura média mínima é de 5 °C, correspondendo ao mês de janeiro.

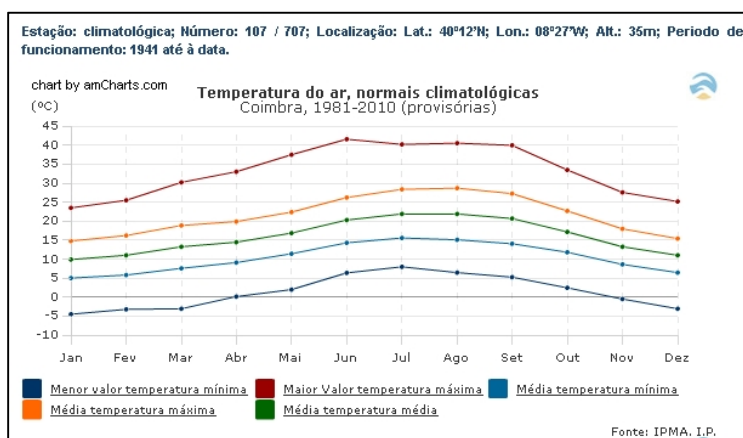


FIGURA 8 - TEMPERATURA DO AR NO DISTRITO DE COIMBRA (IPMA, 2018)

Em relação à precipitação (figura 9), a precipitação média mensal varia entre 126,2mm no mês de dezembro e 10,9mm no mês de julho, e a precipitação máxima diária teve o seu maior valor no mês de outubro com 92,3mm e precipitação mínima diária ocorreu no mês de maio com 33mm.

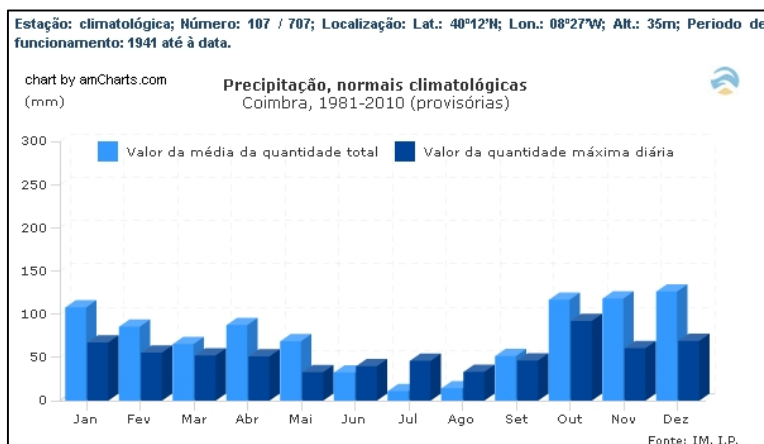


FIGURA 9 - PRECIPITAÇÃO NO DISTRITO DE COIMBRA (IPMA, 2018)

### 2.1.4 - População

Segundo os dados dos censos de 2011<sup>1</sup>, a freguesia de Alvares tem um total de 812 residentes, com o predomínio da população do sexo feminino (55,2%). Quase metade da população é idosa (figura 10), totalizando 46,9% (381 habitantes). Por contraste, a população jovem é apenas de 11,8% (96 habitantes). No que diz respeito à população adulta, esta representa cerca de 41,3% da população total. Com esta análise, é inegável o predomínio da população idosa, o que comprova o envelhecimento populacional desta freguesia.



FIGURA 10 - RESIDENTES DAS POVOAÇÕES DE MEGA CIMEIRA E RODA CIMEIRA

Relativamente ao nível da educação e formação, existem cerca de 17% de analfabetos (138 habitantes). Quanto à população com grau de estudos completo o ensino superior é muito baixa, sendo pouco mais de uma dezena (11). A população com apenas ensino básico completo é de 35,8%, já que existem 291 pessoas com essa escolarização. Já a população que completou o 2º ciclo, 3º ciclo ou o ensino secundário, é de cerca 24% (195 habitantes).

### 2.1.5 - Edificado

No que diz respeito ao edificado, o total de edifícios clássicos em 2011 era de 1 662 edifícios, em que 64% (1066 edifícios) são edifícios isolados (figura 11) e quase 99% são edifícios exclusivamente residenciais (1643 edifícios). Os edifícios construídos até 1980 correspondem a 76% (1258). Referentemente ao tipo de material de construção, 19,4% são edifícios de adobe e pedra, 43% são edifícios de estrutura com placa, 36% são de estrutura sem placa e 1,3% são de betão (figura 12). Já o número de alojamentos é de 1 676, sendo que cerca de 17% estão vagos (291 alojamentos).

---

<sup>1</sup> Esta abordagem sociodemográfica ao nível da freguesia baseia-se nos dados da Base Geográfica de Referenciação de Informação (BGRI) 2011, do INE.





FIGURA 11 - EDIFÍCIO RESIDENCIAL ISOLADO EM CHÃ



FIGURA 12 - EDIFÍCIOS MAIS RECENTES EM OBRAIS

### 2.1.6 - Atividades económicas

A estrutura económica da freguesia é caracterizada por uma baixa população ativa (aproximadamente 28%) que, na sua maioria, pertence ao setor terciário (56%). Segue-se a população do setor secundário (27%) e, por último, a população do setor primário (6%). A isto acrescenta-se os cerca de 11% de população desempregada de entre os 227 indivíduos que compõem a população ativa. O peso da população de pensionistas e reformados é algo a salientar (52,7%), e que vai de encontro aos relevantes valores já mencionados a respeito da população idosa. Atualmente, a presença de espaços geridos por empresas do setor das celuloses é notória em algumas áreas na freguesia de Alvares, principalmente no setor noroeste. Estes espaços são geridos pela empresa privada *The Navigator Company*, sendo maioritariamente constituídos por eucaliptos.



## Capítulo 3 – Incêndios florestais na freguesia de Alvares

### 3.1 – Histórico de incêndios

Os incêndios florestais são um fenómeno recorrente na freguesia de Alvares, uma vez que desde o ano de 1990, acumuladamente já arderam 155,89 km<sup>2</sup> de área na freguesia (o que corresponde a aproximadamente, uma freguesia e meio de Alvares, ardida), tendo só o ano de 2017 contribuído com quase metade desse valor (figura 14,15 e 16). Apesar disso, nem todos os anos apresentam cenários desastrosos, não tendo havido registo de incêndios florestais na freguesia em 12 dos anos ao longo deste período (tabela 5). A alternância interanual de áreas ardidas deve-se essencialmente às condições climáticas e ao facto de ter ardido nos últimos anos, o que influencia a existência de combustíveis florestais que sustentem a propagação de um incêndio

Contudo, houve anos em que a área ardida foi mais significativa, nomeadamente em 1991, em que ardeu um total de 27,12 km<sup>2</sup> na freguesia; o ano de 2000, em que arderam 38,27 km<sup>2</sup>; o ano de 2013, totalizando uma área ardida na freguesia de 12,46 km<sup>2</sup>; e por último, o ano mais desastroso até à data, que foi o de 2017 com um total de área ardida na freguesia de 70,19 km<sup>2</sup> (tabela 5), ou seja, cerca de 70% da sua área total.

TABELA 5 - ÁREA ARDIDA NA FREGUESIA DE ALVARES POR ANO DE OCORRÊNCIA (ICNF, 2018)

Ano	Área km <sup>2</sup>
1990	0,02
1991	27,12
1994	0,85
1995	2,73
1996	0,11
1997	0,42
1998	0,28
2000	38,27
2003	0,08
2005	1,13
2010	0,25
2011	0,03
2012	0,34
2013	12,46

2016	1,61
2017	70,19
<b>Total</b>	<b>155,89</b>

Com a análise da figura 13a é possível verificar a extensão de área ardida na freguesia de Alvares e na figura 13b está representado o número de vezes que a freguesia de Alvares foi afetada por incêndios, calculado para as células de 1 ha que compõem a área da freguesia. Relativamente à área ardida, grande parte da freguesia já foi afetada por incêndios, à exceção do centro das grandes povoações, de algumas das povoações situadas a norte com dimensão média e também o extremo sudoeste da freguesia, associado a corpos de água, e a área a noroeste, onde se localizam os espaços geridos por empresa de celulose. Ao analisar-se a figura 13b, o número máximo de vezes que a freguesia já ardeu foram quatro vezes, no setor nordeste da freguesia de Alvares. É possível denotar que a área classificada como Rede Natura 2000 já ardeu uma vez entre 1990-2017

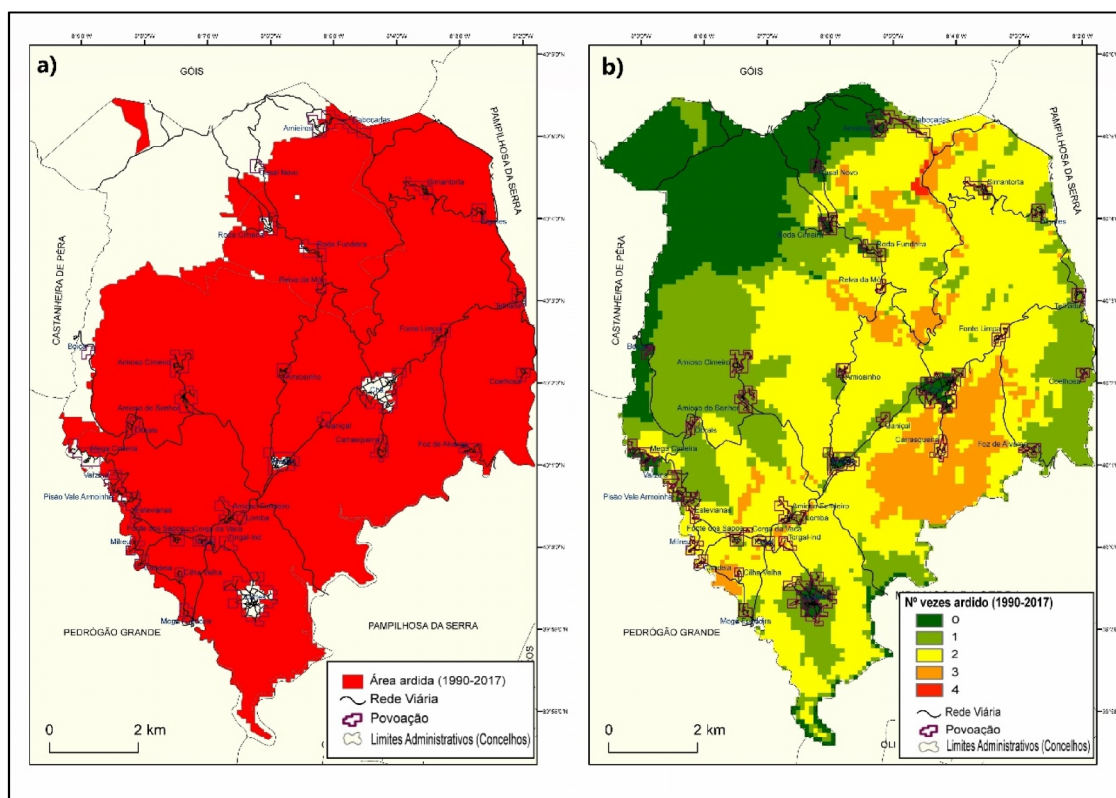


FIGURA 13 - A) ÁREA ARDIDA ENTRE 1990 – 2017 (ICNF, 2018); B) Nº DE VEZES QUE A CÉLULA DE 1HA ARDEU ENTRE 1990-2017 (ICNF, 2018).





FIGURA 14 - ÁREA ARDIDA À VOLTA DO CANIÇAL (FOTO OBTIDA A 24 DE NOVEMBRO DE 2017)



FIGURA 15 - ÁREA ARDIDA EM FOZ DE ALVARES (FOTO OBTIDA A 25 DE JUNHO DE 2018)



FIGURA 16 - ÁREA ARDIDA A VOLTA DE SIMANTORTA (FOTO OBTIDA A 25 DE JUNHO DE 2018)

### 3.2 – Suscetibilidade a incêndios florestais na freguesia de Alvares

A análise da suscetibilidade a incêndios florestais na freguesia de Alvares, foi feita com recurso a cartografia de suscetibilidade para Portugal, desenvolvida por Verde (2015), estando classificada em quintis, ou seja, cada classe, das 5 definidas, inclui aproximadamente 20% da área da freguesia, como é também sugerido para os PMDFCI, para permitir comparações entre áreas diferentes, como os municípios. Contudo, estes 20% de área da freguesia em cada classe podem apresentar-se diferentes, uma vez que, o valor limite dos 20% só pode pertencer a uma classe, fazendo com que por vezes estas fiquem um pouco desequilibradas. A escolha deste estudo deve-se ao facto de a sua análise resultar numa avaliação mais profunda e de um maior número de variáveis, comparativamente ao do PMDFCI. No estudo de Verde (2015), foram utilizadas sete variáveis, nomeadamente a elevação, orientação das vertentes, declive, cobertura do solo (2007), densidade populacional, taxa de crescimento populacional e densidade de estradas, enquanto no PMDFCI sugerem-se como base apenas duas variáveis: o declive e a cobertura do solo, sem especificação do método a utilizar na sua combinação. O método utilizado por Verde (2015) foi o *Weights of Evidence*, integrando as várias variáveis em simultâneo e separadamente, em diversas fases, para obter o peso e a influência de cada variável, individualmente ou em conjunto com as outras, no comportamento do modelo e nos resultados obtidos. O estudo de Verde (2015) foi elaborado à escala nacional, o que pode resultar em divergências quando a sua aplicação é feita a uma escala mais fina. No entanto, estes dados são utilizados, no âmbito deste trabalho, para enquadrar a área de estudo tendo em conta resultados anteriores, e não para a avaliação da exposição, considerou-se relevante mencionar a distribuição das classes de suscetibilidade dentro da freguesia.

Na figura 17 está representada a suscetibilidade dentro da freguesia; no setor nordeste, as áreas com maior suscetibilidade estão claramente associadas a altitudes mais altas, bem como as áreas menos suscetíveis estão associadas aos fundos de vale e a menor altitude e declive. A tabela 6 mostra a relação das classes de suscetibilidade com a área ardida entre o ano de 1990 e 2017. Para mostrar essa relação, foi calculado o rácio entre a área ardida e as classes de suscetibilidade (Likelihood Ratio ou relação área classe, em tradução livre). Este rácio é calculado através da divisão da percentagem de área ardida pela percentagem de área ocupada por cada classe de suscetibilidade, podendo assim ser estimado se a área ardida tem tendência para aumentar ou diminuir, à medida que a classe de suscetibilidade aumenta. Para Alvares, é possível verificar que a área ardida aumenta à medida que se aumenta a classe de suscetibilidade, à exceção da classe elevada, que apresenta uma diminuição no valor obtido. Os valores elevados da relação entre as áreas ardidas e as classes de suscetibilidade, nas

classes muito reduzida e reduzida devem-se ao facto de Alvares ser uma freguesia onde praticamente toda ela tem na realidade propensão para a ocorrência de incêndios florestais. A classe que apresenta maior área ardida é a classe de suscetibilidade muito elevada.

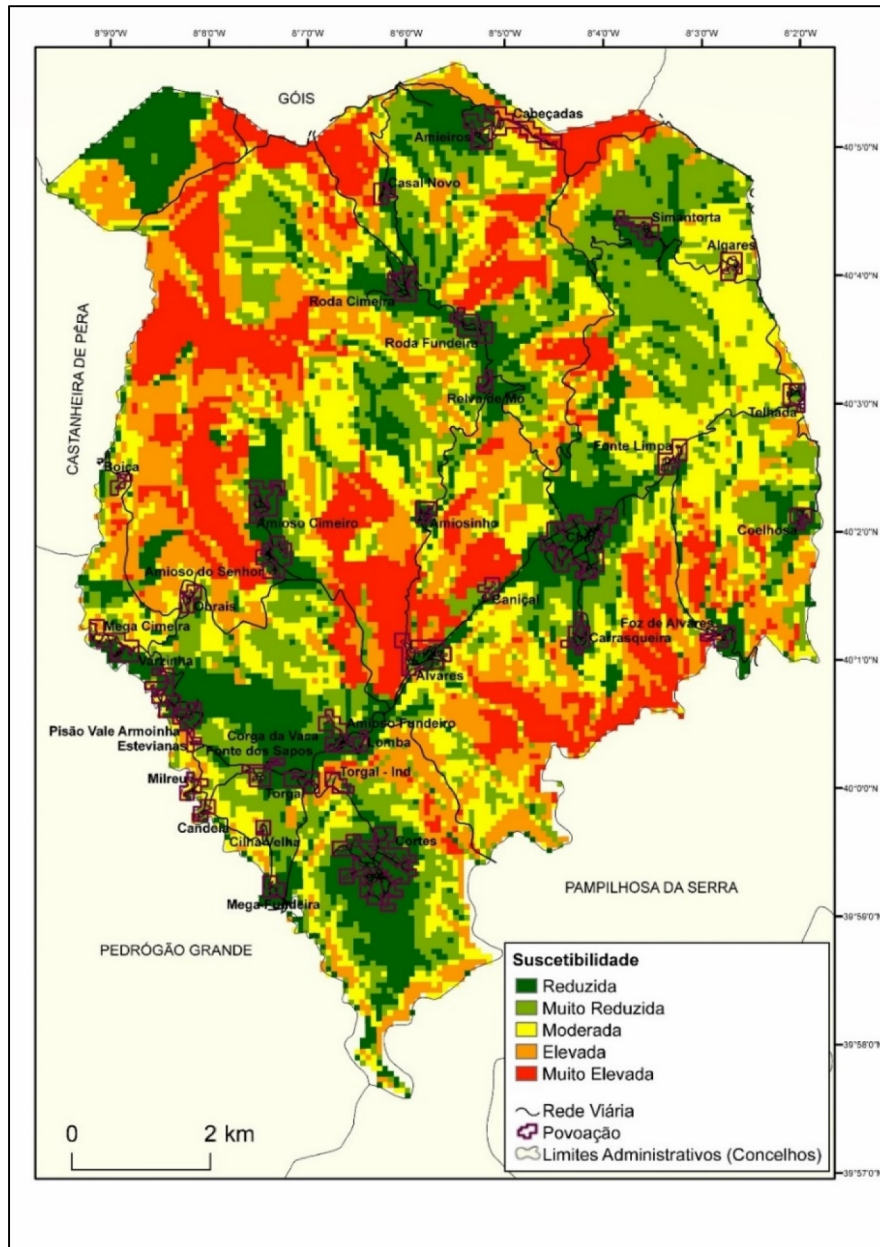


FIGURA 17 - SUSCETIBILIDADE A INCÊNDIOS FLORESTAIS DA FREGUESIA DE ALVARES FONTE: EXTRAÍDO DE VERDE (2015)



TABELA 6 - CLASSES DE SUSCETIBILIDADE A INCÊNDIOS FLORESTAIS, ÁREA ARDIDA NA FREGUESIA E VALOR FINAL DE RÁCIO

Suscetibilidade	Área da Classe (km <sup>2</sup> )	Área da classe (%) a)	Área ardida na classe (km <sup>2</sup> )	Área ardida na classe (%) b)	Likelihood Ratio (relação entre as áreas e as classes) c)
Muito Reduzida	20,24	20,12%	16,3	80,53%	4,00
Reduzida	22,02	21,90%	19,6	89,01%	4,06
Moderada	21,65	21,53%	19,2	88,68%	4,10
Elevada	20,14	20,03%	16,5	79,44%	3,94
Muito Elevada	15,96	15,87%	11,7	73,31%	4,59

a) (área da classe de suscetibilidade em km \*100) / área total da freguesia; b) (área ardida na classe de suscetibilidade em km \* 100) / área total da classe de suscetibilidade em km; c) área ardida na classe de suscetibilidade em % / área da classe de suscetibilidade em %

Para analisar a suscetibilidade a incêndios para as povoações existentes na freguesia, foi calculada a área dentro de cada povoação (correspondente ao número de células de 1 ha que compõem o aglomerado populacional, ver secção Escala de Análise) que é ocupada por cada classe de suscetibilidade. Esta análise permite obter indicações sobre as características territoriais das povoações e da sua envolvente próxima, devido à generalização da área das povoações para incluir a totalidade de células de 1 ha até ao seu perímetro exterior.

As povoações da freguesia de Alvares (tabela 7) que possuem maior percentagem de suscetibilidade elevada e muito elevada são: Cabeçadas (62,82%), Torgal – Industrial (47,62%) e Alvares (44,08%). Na classe de suscetibilidade moderada, destacam-se as povoações de Algares (73,33%), Telhada (54,29%), Candeia (52,17%) e Fonte Limpa (51,79%). Aproximadamente, metade das povoações da freguesia encontram-se classificadas com mais de 60% de suscetibilidade muito reduzida (Tabela 7). É esta classe que engloba a maioria das povoações com maior dimensão, com mais população e mais edifícios, que se reflete numa cobertura do solo menos suscetível a incêndios. O setor noroeste da freguesia de Alvares, apesar de apresentar áreas com suscetibilidade elevada e muito elevada, acaba por depois não apresentar área ardida, possivelmente devido à presença da empresa de celulose e da forma de gestão da propriedade ali implementada, ressaltando assim a influência do ordenamento e gestão florestal na menor ocorrência de incêndios no território.

Tabela 7 - Percentagem de classe de suscetibilidade em cada povoação

Povoação	Muito Reduzida	Reduzida	Moderada	Elevada	Muito Elevada
Algares	0,00	26,67	73,33	0,00	0,00
Alvares	24,73	13,98	17,20	12,90	31,18
Amieiros	75,93	14,81	9,26	0,00	0,00
Amiosinho	41,67	14,58	35,42	4,17	4,17
Amioso Cimeiro	75,90	14,46	4,82	4,82	0,00
Amioso do Senhor	69,23	10,99	6,59	5,49	7,69
Amioso Fundeiro	62,50	31,25	6,25	0,00	0,00
Boiça	0,00	34,29	45,71	20,00	0,00
Cabeçadas	7,69	6,41	23,08	42,31	20,51
Candeia	4,35	34,78	52,17	8,70	0,00
Caniçal	24,24	30,30	9,09	3,03	33,33
Carrasqueira	48,33	25,00	21,67	5,00	0,00
Casal Novo	45,95	10,81	16,22	16,22	10,81
Chã	89,24	8,52	2,24	0,00	0,00
Cilha Velha	0,00	50,00	45,83	4,17	0,00
Coelhosa	64,10	30,77	5,13	0,00	0,00
Corga da Vaca	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cortes	89,58	9,17	1,25	0,00	0,00
Estevianas	26,47	38,24	20,59	14,71	0,00
Fonte dos Sapos	34,00	50,00	16,00	0,00	0,00
Fonte Limpa	21,43	26,79	51,79	0,00	0,00
Foz de Alvares	61,29	1,61	16,13	14,52	6,45
Lomba	81,82	4,55	0,00	9,09	4,55
Mega Cimeira	31,71	14,63	45,12	8,54	0,00
Mega Fundeira	80,56	8,33	8,33	2,78	0,00
Milreu	3,23	29,03	38,71	29,03	0,00
Obrais	9,52	45,24	40,48	4,76	0,00
Pisão Vale Armoinho	85,45	1,82	9,09	3,64	0,00
Relva de Mó	77,50	22,50	0,00	0,00	0,00
Roda Cimeira	77,00	15,00	4,00	4,00	0,00
Roda Fundeira	69,35	17,74	6,45	0,00	6,45
Simantorta	51,67	48,33	0,00	0,00	0,00
Telhada	11,43	31,43	54,29	2,86	0,00
Torga-Industrial	9,52	35,71	7,14	42,86	4,76
Torga	65,79	15,79	10,53	7,89	0,00
Varzinha	63,41	21,95	14,63	0,00	0,00



# Capítulo 4 – Avaliação da exposição a incêndios florestais

## 4.1 – Recolha e tratamento de dados

Para a realização do presente estudo foi realizada a recolha de informação geográfica e estatística, para possibilitar o seu tratamento e visualização em sistemas de informação geográfica e num programa de tratamento de dados estatísticos.

Como informação de base cartográfica (tabela 8), foi utilizada a Carta Administrativa Oficial de Portugal, do ano 2016, fornecida pela Direção Geral do Território (DGT), com os limites administrativos. Para a descrição da área de estudo foi derivada a altitude, a orientação das vertentes e os declives, a partir da altimetria de 2005, fornecida pelo Centro de Informação Geoespacial do Exército. Também foi utilizada a Cartografia de Ocupação e Uso do Solo (COS) do ano de 2015, classificado pelo nível 3, tendo sido fornecida pela DGT. Posteriormente, as variáveis topográficas foram convertidas em formato matricial, com uma resolução de 5x5m.

A análise do histórico das áreas ardidas foi realizada com as áreas ardida, em estrutura vetorial, desde 1990 a 2017, fornecidas pelo Instituto de Conservação da Natureza e das Florestas (ICNF), tendo sido derivado o número de vezes que cada célula de 1ha ardeu na freguesia. Para a análise da suscetibilidade na área de estudo, foi utilizada a Carta de Suscetibilidade para Portugal, realizada por Verde (2015), na sua dissertação de Doutoramento. Esta informação foi fornecida em estrutura matricial com células de 80mx80m.

Para a realização dos cálculos dos elementos expostos e dos fatores de vulnerabilidade, foram retirados dados da população, do edificado e da localização das estradas. Para a população e edificado a fonte de informação foi a Base Geográfica de Referenciação de Informação (BGRI) do Instituto Nacional de Estatística (INE), referente aos censos de 2011, e estes dados também são utilizados para a caracterização sociodemográfica da freguesia. A localização das estradas foi fornecida pela HERE e correspondem ao ano de 2005, a versão mais atualizada que está disponível.

No cálculo final de exposição (dinâmica) da freguesia de Alvares são utilizadas as simulações de comportamento de fogo, mais concretamente a probabilidade de um fogo chegar às povoações, em diferentes cenários de uso do solo, gestão florestal e condições meteorológicas. Esses dados foram fornecidos pelo Instituto Superior de Agronomia, no ano de 2018.

Para além da recolha de dados estatísticos e cartográficos, foi também realizado trabalho de campo na freguesia de Alvares, com saídas de campo em novembro de 2017 e junho de 2018. Desta recolha, foram obtidos dados de número de residentes e de edifícios ao nível das povoações que não estavam individualizadas nas sub-seções da BGRI, necessárias para o cálculo da exposição. Foram também recolhidos dados associados a condições de capacidade de resposta, que são descritos em detalhe no capítulo 5.

Toda a informação foi tratada com recurso ao *software ArcGIS 10.4.1* e do *Excel*, tendo sido os dados trabalhados no sistema de coordenadas ETRS\_1989\_PORTUGAL\_TM06, Datum *D\_ETRS\_1989*. No entanto, para cálculos intermédios, foi utilizado o *ModelBuilder* (Anexo 2, 3, 4, e 5) e o *software Python* facilitando assim o processo de tratamento de dados, a automatização de tarefas, facilitando a potencial transferência de técnicas ou procedimentos de análise e a sua aplicação em projetos futuros (Delgado, 2011). Na tabela 8, são apresentadas as características dos dados fornecidos e recolhidos.

Tabela 8 - Características de dados recolhidos

Dados	Tipo de informação	Data/Intervalo temporal	Escala	Fonte de informação	Variável derivada
CAOP 2016	Vetorial	2016	1:25 000	Direção Geral do Território	Limites administrativos (informação de base cartográfica)
Altimetria	Vetorial e matricial (5 x 5 m)	2005	1:25 000	Instituto Geográfico do Exército	Altitude, declive e exposição das vertentes
COS 2015	Vetorial	2015	1:25 000	Direção Geral do Território	Ocupação do solo
Áreas ardidas	Vetorial	1990-2017	1:25 000	Instituto de Conservação da Natureza e das Florestas	Extensão de área ardida e número de vezes que cada célula ardeu



Estradas	Vetorial	2005	1:25 000	Here	Densidade de estradas
População, edifícios e atividades económicas	Vetorial	2011	1:25 000	BGRI (Instituto Nacional de Estatística)	Densidade da população e do edificado; % das variáveis da atividade económica
Localização dos edifícios residenciais	Vetorial	2011	1:25 000	Instituto Nacional de Estatística	Limites das povoações
Suscetibilidade a incêndios florestais	Matricial (80x80 m)	2015	1:100 000	Verde, 2015	Sustentabilidade a incêndios florestais na freguesia de Alvares
Simulações de comportamento de fogo	Matricial (100*100m)	2017	1:25 000	Instituto Superior de Agronomia	Probabilidade de arder na paisagem (território)
Limites das povoações	Vetorial	2017	1:25 000	Instituto Nacional de Estatística e plano Municipal de Defesa da Floresta Contra Incêndios	Limites das povoações

## 4.2 - Escala de análise

Este estudo foi aplicado às povoações existentes na freguesia de Alvares, onde se concentram as pessoas, edifícios e infraestruturas. Para analisar os dados ao nível da povoação, foi necessário proceder à transformação dos dados cartográficos e estatísticos disponíveis, para serem compatíveis com os limites das povoações. Uma povoação consiste num aglomerado populacional individualizado no território da freguesia, seguindo como referência de base a definição do Decreto-Lei nº124/2006: «Aglomerado populacional é o conjunto de edifícios contíguos ou próximos, distanciados entre si no máximo 50 m e com 10 ou mais fogos, constituindo o seu perímetro a linha poligonal fechada que, englobando todos os edifícios, delimite a menor área possível”. Os dados cartográficos e estatísticos disponíveis não são totalmente compatíveis com os limites dos aglomerados populacionais; a unidade mínima existente com dados disponíveis corresponde à subsecção na BGRI, definida pelo INE como “a unidade territorial que identifica a mais pequena área homogénea de construção ou não, existente dentro da secção estatística. Corresponde ao quarteirão nas áreas urbanas, ao lugar ou parte de um lugar nas áreas rurais, ou a áreas residuais que podem ou não conter alojamentos (isolados)”. Por isso, a delimitação das povoações dentro da freguesia de Alvares resultou, numa primeira fase, da conjugação dos limites dos aglomerados definidos pelo INE e os que estão incluídos no plano Municipal de Defesa da Floresta Contra Incêndios (PMDFCI) de Góis para definição das faixas e mosaicos de gestão de combustível. Este limite foi depois atualizado a partir de dados cartográficos dos edifícios na freguesia, fornecidos pela Câmara Municipal de Góis, para incluir todas as casas residenciais atualmente existentes a menos de 200 m do limite de referência do INE e do PMDFCI, e que pertençam à mesma subsecção da povoação, de acordo com a BGRI. Este limite de 200m definido, engloba o potencial perímetro de gestão de combustíveis (50 m para casas isoladas e 100 m para a povoação), considerando a vertente de proteção das pessoas e bens que este estudo pretendeu analisar. Estes limites atualizados foram ajustados ao perímetro de área construída dentro das subsecções correspondentes da BGRI, uma vez que os dados dos elementos expostos disponíveis são referentes a estas. Na figura 18 é apresentado o exemplo de Amieiros e Cabeçadas, dos limites que se encontravam antes da retificação e quais as várias etapas de construção de novos limites.

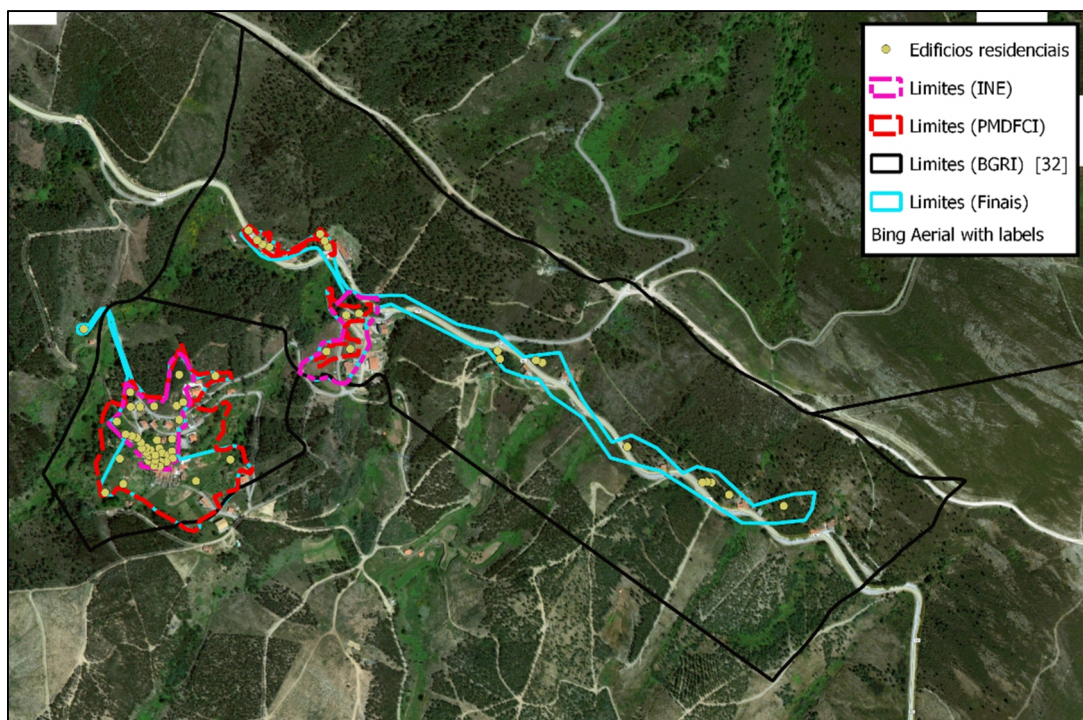


FIGURA 18 - LIMITES INICIAIS E LIMITE FINAL DAS POVOAÇÕES DA FREGUESIA ALVARES (EXEMPLO DE AMIEIROS E CABEÇADAS)

## **4.3 – Metodologia de avaliação da exposição para as povoações da freguesia**

### **4.3.1 – Identificação e ponderação dos elementos expostos**

Após a recolha da informação geográfica, foram identificados os elementos expostos existentes em cada povoação da freguesia de Alvares, nomeadamente o número de residentes, o número de edifícios clássicos e a extensão das estradas. Posteriormente, foram calculados os valores de densidade para cada um dos elementos expostos para cada povoação. De acordo com o Guia Técnico do Plano Municipal de Defesa da Floresta contra incêndios (PMDFCI, 2012), cada um deste tipo de elementos tem uma ponderação específica, de acordo com a sua necessidade de proteção ou grau de importância. Assim, para a população foi dada uma ponderação de 1, uma vez que são o principal elemento exposto a proteger; para os edifícios a ponderação foi de 0,75, dado que constituem os bens materiais que devem ser protegidos em primeiro lugar, por serem local de residência, de trabalho ou poderem servir de abrigo à população; e para as estradas foi de 0,25, devido à sua importância na circulação e evacuação de pessoas.

$$\text{Elementos Expostos} = (\text{Dens\_pop} * 1) + (\text{Dens\_edificios} * 0.75) + (\text{Dens\_estradas} * 0.25)$$

### **4.3.2 – Probabilidade de um incêndio atingir a povoação**

Os mapas de probabilidade de arder foram realizadas pelo Instituto Superior de Agronomia com recurso ao *Software FARSITE*. O FARSITE é um sistema de modelação de comportamento de fogo, com recurso a informação histórica sobre topografia (declive, altitude e orientação), condições de combustível, ignições e diferentes condições meteorológicas (Finney, 2005; Bernier, 2010; Teixeira, 2010).

Para serem realizadas as simulações para as povoações, e uma vez que se considera que uma povoação pode ser afetada quando o incêndio atinge o perímetro exterior da mesma, foi necessário ajustar os limites das povoações, em conformidade com as unidades de área de 1ha, incluindo células que não tivessem combustível ao redor da povoação, para os resultados de probabilidade de incêndios estarem em concordância com os modelos de combustível. As simulações foram realizadas para uma janela com uma extensão de 55km x 55km e com unidades de área de 1ha, com a freguesia de Alvares localizada no centro da mesma,

assumindo que os pontos de ignição podem ocorrer fora da área da freguesia. A probabilidade de um incêndio atingir uma aldeia foi definida como o número de vezes que cada fogo individual simulado atingiu toda ou parte da área envolvente da aldeia, dividida pelo número total de fogos simulados. A exposição das aldeias aos grandes incêndios foi estimada simulando milhares de fogos hipotéticos, sendo apenas calculados para incêndios com uma dimensão maior de 1000 ha.

### 4.3.3 - Cálculo Final da Exposição a Incêndios para as povoações

A exposição é avaliada numa escala relativa, com os valores normalizados para uma escala de 0-100. Neste caso, esta normalização foi calculada tendo em conta os valores mínimos e máximos obtidos com o cálculo dos elementos expostos para o conjunto das povoações da freguesia, sendo aplicada a seguinte fórmula:

$$\text{Normalização} = \left[ \frac{(X - \min(x))}{(\max(x) - \min(x))} \right] \times 100$$

Em que: X=Valor dos elementos expostos para a povoação;

Min (x)=Valor mínimo de elementos expostos no conjunto das povoações,

Max (x)=Valor máximo de elementos expostos no conjunto das povoações;

Uma vez realizado o cálculo dos elementos expostos, é então procedido o cálculo final de exposição. Este valor resulta da multiplicação dos elementos expostos, com valores de probabilidade de arder, variáveis consoante a abordagem aplicada: estática, estrutural e dinâmica, conforme se apresenta de seguida.

$$\text{Valor final de exposição} = \text{Elementos Expostos} * \text{Probabilidade de Arder}$$

Por último, o valor final de exposição é classificado em cinco classes: Muito Reduzida, Reduzida, Moderada, Elevada e Muito Elevada, divididas em intervalos iguais, consoante os valores mínimos e máximos obtidos em cada abordagem.

#### a) Exposição estática

A exposição estática considera que o valor da probabilidade de arder é constante (1) para toda a área de estudo. Ou seja, é apenas obtido através do cálculo dos elementos expostos existentes em cada povoação, acabando por refletir quais as povoações que podem ou não mais sofrer danos aquando da ocorrência de um evento danoso, independentemente da

probabilidade de arder. A classificação da exposição estática foi dividida em classes de igual amplitude (0-20; 20-40; 40-60; 60-80; 80-100). A divisão em 5 classes é consistente com o que é usualmente aplicado para outros componentes do risco e tendo em conta estudos anteriores (Birkmann *et al.*, 2013; Oliveira *et al.*, 2018). A divisão em classes de igual amplitude permite estabelecer uma hierarquia direta de povoações, tendo em conta os valores obtidos. Como a normalização é feita de acordo com o intervalo mínimo e máximo de valores, estas classes obtidas na escala normalizada representam a diversidade de valores obtidos e são focadas no valor do índice, não na quantidade de elementos nas classes. Cada classe pode conter um número diferente de elementos, ou povoações.

## **b) Exposição estrutural**

A exposição estrutural estima a probabilidade de arder tendo em conta a ocorrência histórica de incêndios, obtida a partir do número de vezes que cada povoação ardeu, entre os anos de 1990 e 2017. O valor final de exposição estrutural é obtido através da multiplicação do valor normalizado dos elementos expostos, com o número de vezes que cada povoação foi atingida por um incêndio. A classificação da exposição estrutural foi dividida em classes de igual amplitude (0-20; 20-40; 40-60; 60-80; 80-100), à semelhança do efetuado na exposição estática.

## **c) Exposição dinâmica**

Na exposição dinâmica, a probabilidade de arder é avaliada a partir de simulações de propagação de fogo. O resultado da exposição dinâmica, é a conjugação do valor dos elementos expostos de cada povoação, com os diferentes cenários de probabilidade de arder. Os cenários utilizados basearam-se em alterações de combustível, tendo em conta que é uma variável passível de modificação.

Como cenários de combustível, foram utilizadas cinco possibilidades (figura 19):

1. BAU - “Business As Usual”, ou seja, tudo se mantém, em relação aos combustíveis/cobertura do solo, como estava antes do incêndio de 2017;
2. A implementação de faixas de rede primária, dentro da freguesia, em diferentes proporções do total de faixas que podem ser definidas:

- a. em 33% (FGC 1/3), com o objetivo de diminuir a superfície percorrida por grandes incêndios;
  - b. 66% (FGC 2/3), que visa a proteção das vias de comunicação, equipamentos e edifícios.
  - c. ou 100% (FGC 3/3), para o isolamento de focos potenciais de ignição de incêndios.
3. De abandono, em que é considerado que há uma diminuição de 30% para 20% na fração de floresta gerida, o que resulta numa maior acumulação de combustível.

As faixas de gestão situam-se nas principais áreas mais elevadas, criando assim espaços sustentáveis de apoio ao combate. Podem ser constituídas por massas de água (1 ponto de água com 30 m<sup>3</sup> a cada 1000 m), improdutivo, campos agrícolas, pastagens, espaços arborizados e matos, não devem possuir uma largura inferior a 125m, devem ter compartimentos entre 500ha e 10 000 ha e rede viária com estradas/caminhos florestais de 1ª e 2ª ordem e devem ser implementados em lugares estratégicos, dependendo do seu objetivo (ICNF, 2014). Na figura 19 é possível observar a proposta de localização da rede primária para a freguesia de Alvares, em diferentes proporções.

A classificação do resultado da exposição dinâmica utiliza o mesmo princípio das anteriores, com 5 classes que estabelecem uma hierarquia de povoações. No entanto, os intervalos das classes foram ajustados, porque a combinação dos valores normalizados dos elementos expostos, com a probabilidade de arder (expressa já em percentagem) resultou num intervalo de valores entre 0 e 30. Os intervalos aplicados foram: <5; 5-10; 10-15; 15-20;>20.

Para analisar a influência dos diferentes cenários de gestão de combustíveis no nível de exposição das povoações, foi calculada a variação da percentagem de povoações em cada classe de exposição, entre cada cenário e o cenário Business-As-Usual (BAU), de acordo com a seguinte fórmula:

$$\text{Variação} = [(\% \text{ povoações na classe em cenário X} - \% \text{ povoações na classe em cenário BAU}) / (\% \text{ povoações na classe em cenário BAU})] * 100$$

Em que:

**% povoações na classe em cenário X** - corresponde à percentagem de povoações da freguesia na classe de exposição considerada, em cada um dos cenários analisados

**% povoações na classe em cenário BAU** - corresponde à percentagem de povoações da freguesia na classe de exposição considerada, no cenário Business-As-Usual, concretizado tendo em conta as características de combustíveis/ocupação do solo antes dos incêndios de junho de 2017

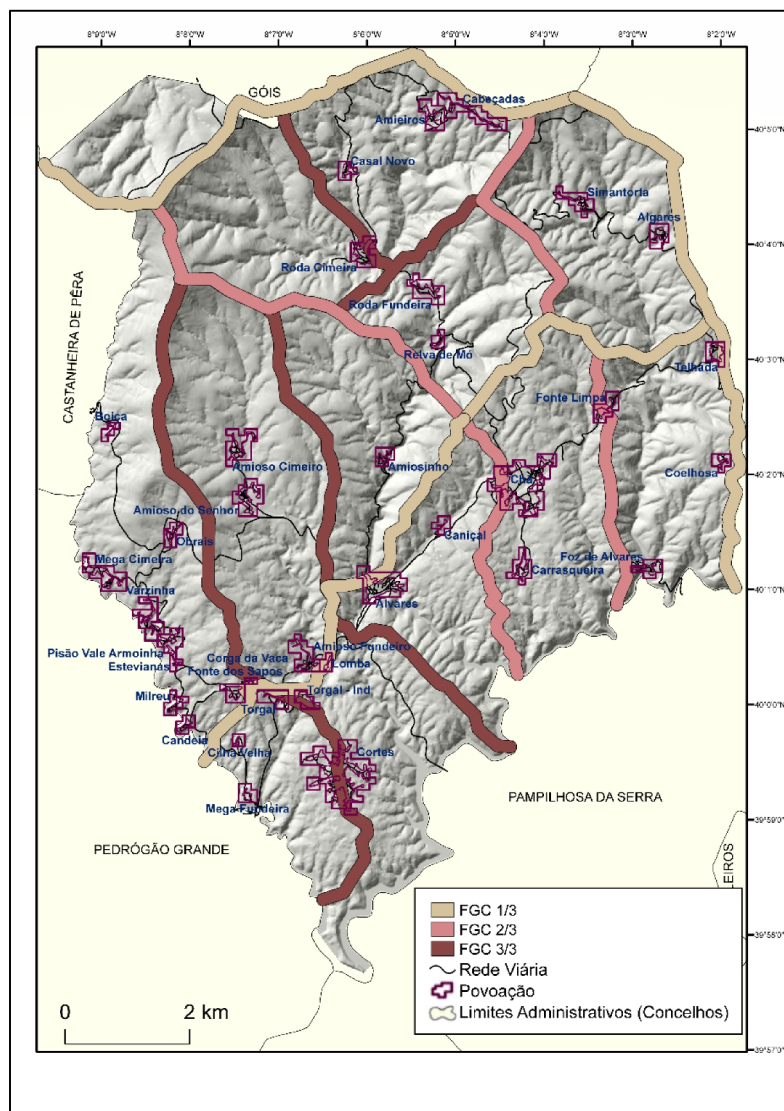


FIGURA 19 - LOCALIZAÇÃO DAS FAIXAS DE GESTÃO DE COMBUSTÍVEL NA FREGUESIA DE ALVARES (ISA,2018)

## 4.4 – Exposição das povoações na freguesia de Alvares

### a) Exposição estática

O resultado final da exposição estática expressa-se pela figura 20, sendo que, 6% das povoações estão classificadas como classe muito reduzida, 6% das povoações estão classificadas como classe reduzida, 25% das povoações estão classificadas como moderada,



39% das povoações estão classificadas com classe elevada e 25% das povoações estão classificadas como classe muito elevada. As povoações com menor número de elementos expostos são Boiça, Corga da Vaca, Caniçal e Coelhosa. Para estas povoações, o valor é devido ao baixo número de pessoas e edifícios existentes na povoação.

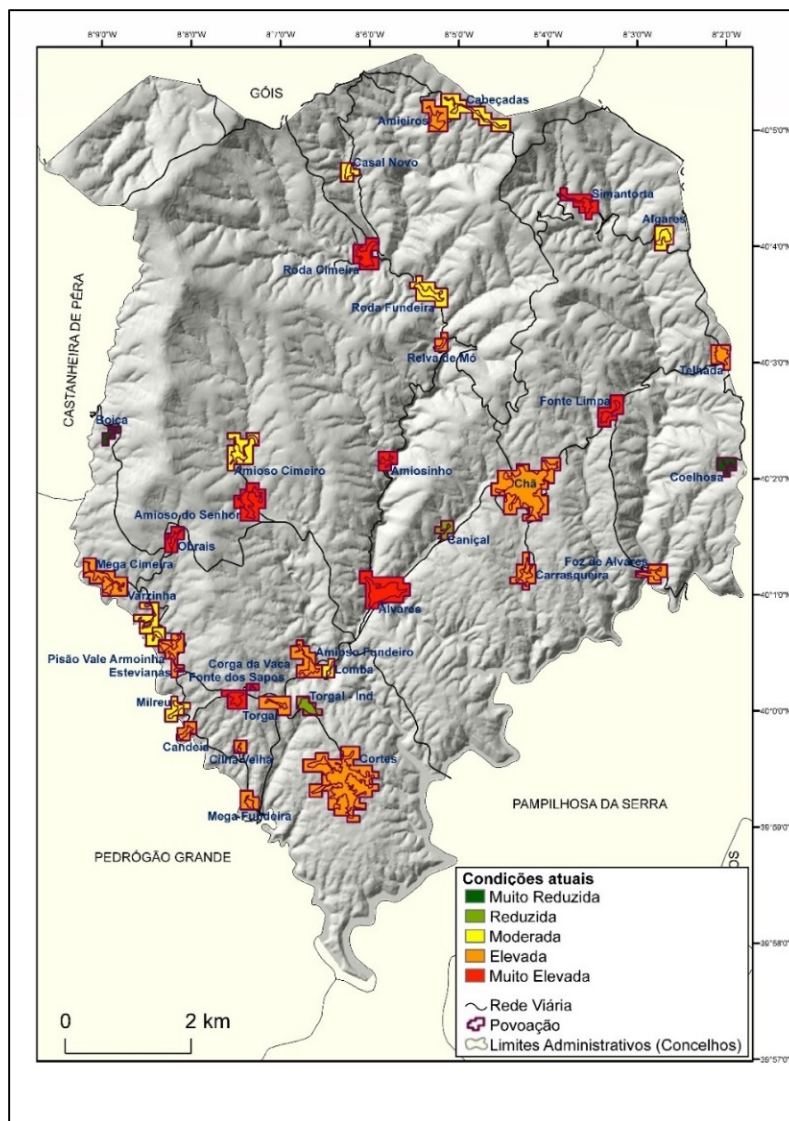


FIGURA 20 - EXPOSIÇÃO ESTÁTICA DAS POVOAÇÕES DA FREGUESIA DE ALVARES

## b) Exposição estrutural

Com a análise da figura 21, é possível verificar que entre 1990 e 2017, mais de  $\frac{1}{4}$  das povoações foram afetadas 3 vezes, sendo que, 19,44% das povoações arderam uma vez, 52,78% arderam duas vezes e 27,78% arderam três vezes. As povoações localizadas a norte, nordeste e a oeste da freguesia, como Simantorta, Cabeçadas, Fonte Limpa foram das mais afetadas, tendo ardido três vezes, enquanto que as povoações localizadas a sudoeste e oeste,

como a Boiça, Amioso Cimeiro e Pisão Vale Armoinha foram as menos afetadas, tendo ardido apenas uma vez durante o período em análise. Estas diferenças devem-se ao fato de os incêndios terem maioritariamente início ou propagaram-se a partir do setor nordeste da freguesia.

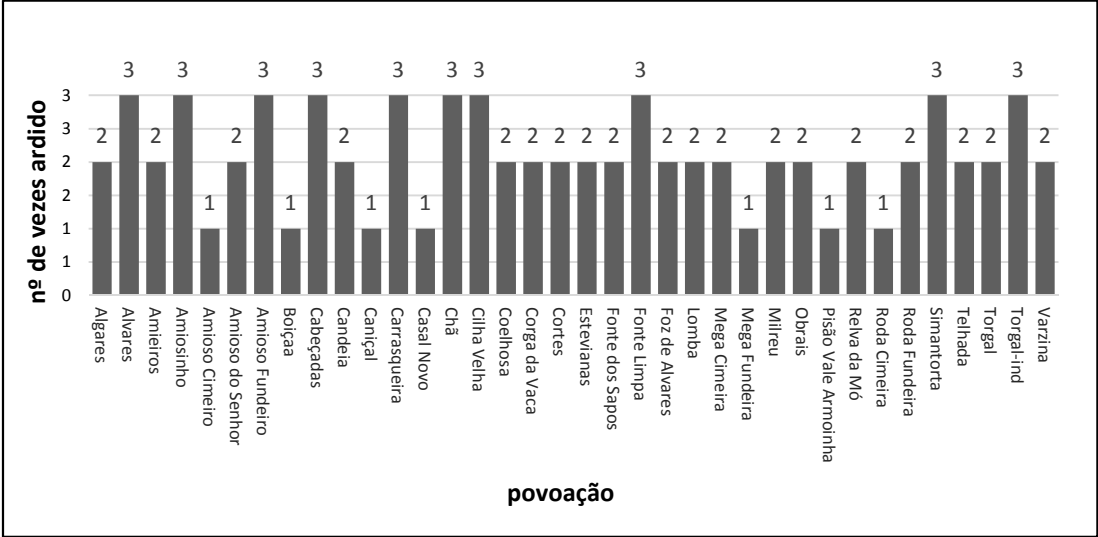


FIGURA 191 - Nº DE VEZES QUE CADA POVOAÇÃO DA FREGUESIA DE ALVARES FOI ATINGIDA POR UM INCÊNDIO, ENTRE 1990 E 2017, TENDO EM CONTA A CHEGADA DE FOGO PELO MENOS AO SEU LIMITE EXTERIOR

O resultado da exposição estrutural é demonstrado na figura 22; verifica-se que 14% das povoações estão classificadas como classe muito reduzida, 19% das povoações estão classificadas como classe reduzida 33% das povoações estão classificadas como classe moderada, 19% das povoações estão classificadas como classe elevada e 14% das povoações estão classificadas como classe muito elevada. Comparando a exposição estática com a estrutural, as povoações que têm maior número de elementos expostos podem não ser as que são mais atingidas por um incêndio. Este é o caso de Roda Cimeira, Roda Fundeira e das povoações do setor sudoeste da freguesia, que apresentam maior valor de exposição estática, mas, conjugando com o número de vezes que ardeu, acabam por ter um menor nível de exposição estrutural.

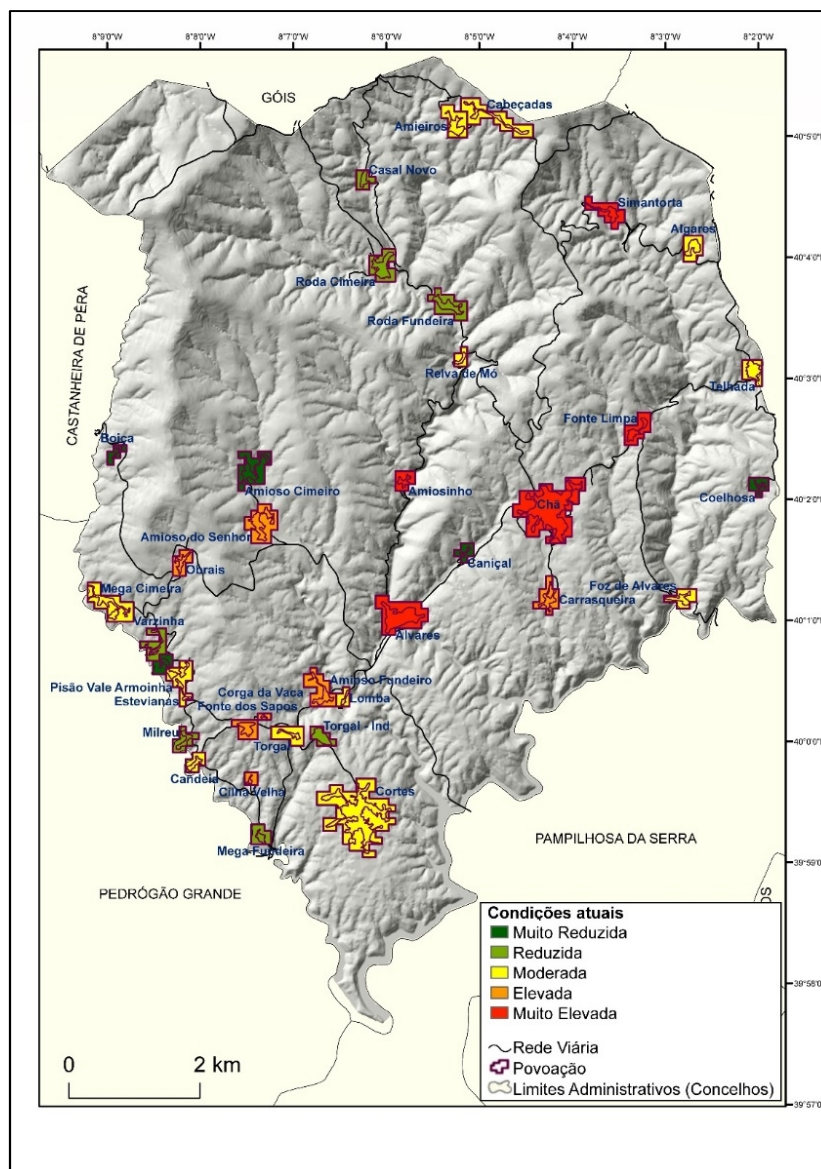


FIGURA 202 - EXPOSIÇÃO ESTRUTURAL DAS POVOAÇÕES DA FREGUESIA DE ALVARES

### c) Exposição dinâmica

Como resultado final de exposição dinâmica no cenário de BAU (figura 23a), 11% das povoações estão na classe de exposição muito reduzida, 19% das povoações estão inseridas na classe reduzida, 28% das povoações na classe moderada, 28% das povoações na classe elevada e 14% na classe de exposição muito elevada. As povoações com classes de exposição elevada e muito elevada têm uma incidência espacial no setor norte e nordeste da freguesia uma vez que, os grandes incêndios têm predominantemente uma trajetória inicial de nordeste. As classes de exposição muito reduzida e reduzida, têm maior incidência espacial nas povoações de pequena dimensão, como é o caso de Boiça, Coelhosa e Caniçal devido ao baixo número de

elementos expostos, como é o caso das povoações a sudoeste da freguesia. No resultado final de exposição dinâmica no cenário de abandono (Figura 23b), 8% das povoações estão classificadas como classe de exposição muito reduzida, 17% como classe reduzida, 33% na classe de exposição moderada, 25% na classe elevada e 17% na classe de exposição muito elevada. Comparativamente ao cenário de BAU, houve pouca diferença na classificação de exposição das povoações, à exceção de: Simantorta, que passou para a classe de exposição muito elevada; Cilha Velha e Candeia encontrar-se classificadas como classe de exposição moderada; e Caniçal passou para a classe de exposição reduzida. Esta pequena diferença de resultados, deve-se ao facto de atualmente, a freguesia já ser altamente florestada, fazendo com que uma redução de 10% na gestão florestal, seja um valor muito reduzido no cenário de abandono.

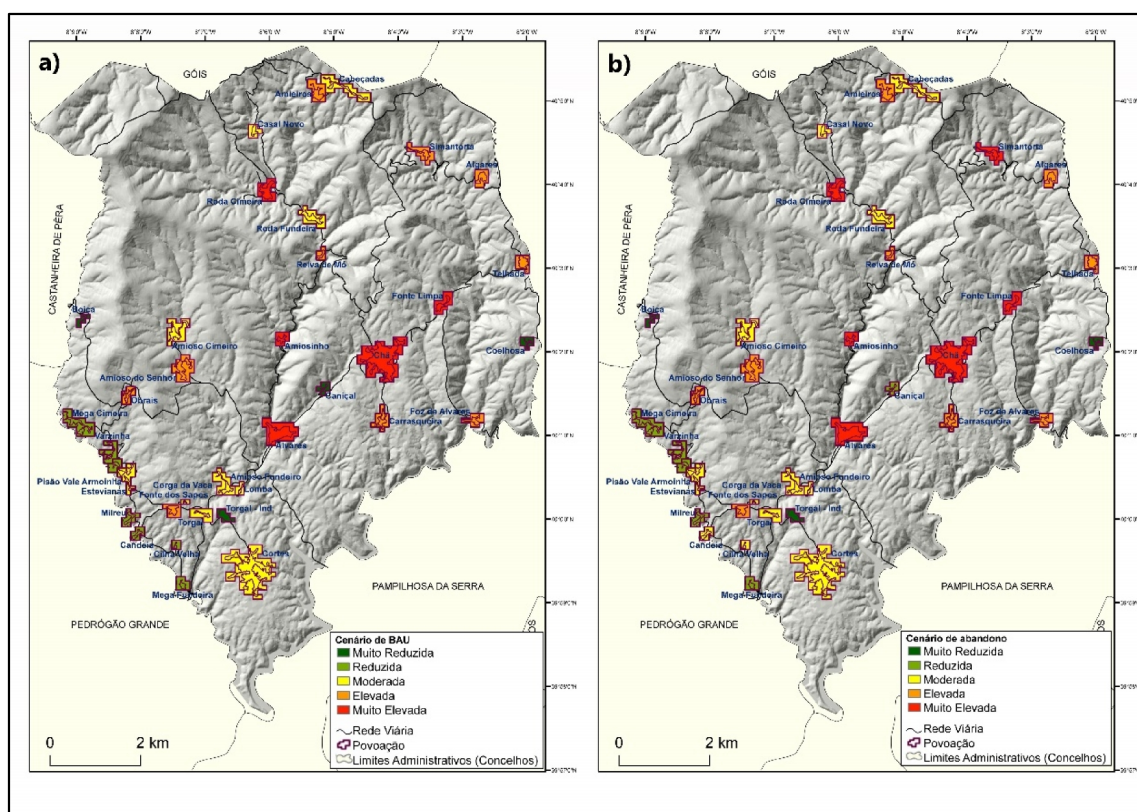


FIGURA 213 – A) EXPOSIÇÃO DINÂMICA DAS POVOAÇÕES COM CENÁRIO DE BAU; B) EXPOSIÇÃO DINÂMICA DAS POVOAÇÕES COM CENÁRIO DE ABANDONO

Com o cenário de implementação das faixas de gestão de combustível 1/3 (figura 25a), 6% das povoações estão em classe muito elevada, 25% das povoações estão em classe elevada, 33% das povoações estão em classe moderada, 25% das povoações estão em classe reduzida e 11%

das povoações estão classificadas com classe muito reduzida. É possível verificar a redução do valor da exposição das povoações próximas das áreas de implementação da rede primária, nomeadamente em Amieiros, Roda Cimeira, Algarès, Telhada, Amiosinho, Alvares, Torga-Industrial e Carrasqueira e consequentemente Estevianas e Fonte dos Sapos. Com o cenário de implementação das faixas de gestão de combustível 2/3 (figura 25b), 3% das povoações estão em classe muito elevada, 22% das povoações estão em classe elevada, 31% das povoações estão em classe moderada, 33% das povoações estão em classe reduzida e 11% das povoações estão classificadas com classe muito reduzida. Uma vez que as FGC 2/3 visam a proteção das vias de comunicação, equipamentos, edifícios, entre outros, estas foram implementadas junto de povoações como Chã e Fonte Limpa. Com esta implementação houve um decréscimo do número de povoações nas classes de exposição elevadas, juntando à lista anterior as povoações de Casal Novo, Relva da Mó, Chã, Amioso Cimeiro e Torga. Como cenário de implementação das faixas de gestão de combustível 3/3 (figura 25c), 3% das povoações continuam em classe muito elevada, 17% das povoações estão em classe elevada, 31% das povoações estão em classe moderada, 36% das povoações estão em classe reduzida e 14% das povoações estão classificadas com classe muito reduzida. Uma vez que as FGC são implementadas maioritariamente no setor sudoeste e este da freguesia, as povoações que diminuem a classe de exposição são Roda Fundeira, Cortes, Amioso Fundeiro, Pisão Vale Armoinha, Orais, Amioso do Senhor e Amioso Cimeiro.

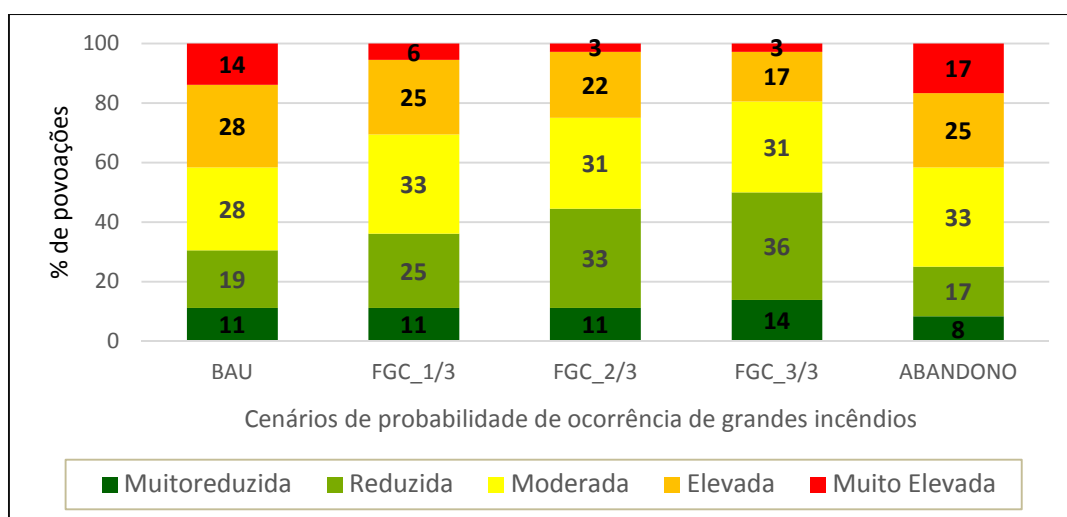


FIGURA 224 - VARIAÇÃO DAS POVOAÇÕES CONSOANTE OS DIFERENTES CENÁRIOS USADOS

Em suma, comparativamente ao cenário de BAU (figura 24 e tabela 9), com a implementação das faixas de gestão de combustível, denota-se um sucessivo aumento da percentagem de povoações na classe reduzida, em cerca de 86%, e na classe moderada, um aumento de cerca

de 10%. Relativamente às classes mais elevadas, existe um decréscimo bastante grande, sendo que a classe elevada apresenta menos 40% das povoações e a classe muito elevada teve um decréscimo de 80% das povoações. No caso do cenário de abandono, o número de povoações em classe reduzida e muito reduzida, teve um decréscimo de 25% e 14%, respetivamente. A classe moderada teve um aumento de cerca de 20% e a classe elevada teve um decréscimo de 10%. No entanto, houve aumento de 20% das povoações na classe de exposição muito elevada.

TABELA 9 - VARIAÇÃO DE PERCENTAGEM DE POVOAÇÕES POR CLASSE DE EXPOSIÇÃO CONSOANTE OS CENÁRIOS

Exposição	BAU	FGC_1/3	FGC_2/3	FGC_3/3	Abandono
Muito Reduzida	0	0	0	25	-25
Reduzida	0	29	71	86	-14
Moderada	0	20	10	10	20
Elevada	0	-10	-20	-40	-10
Muito Elevada	0	-60	-80	-80	20



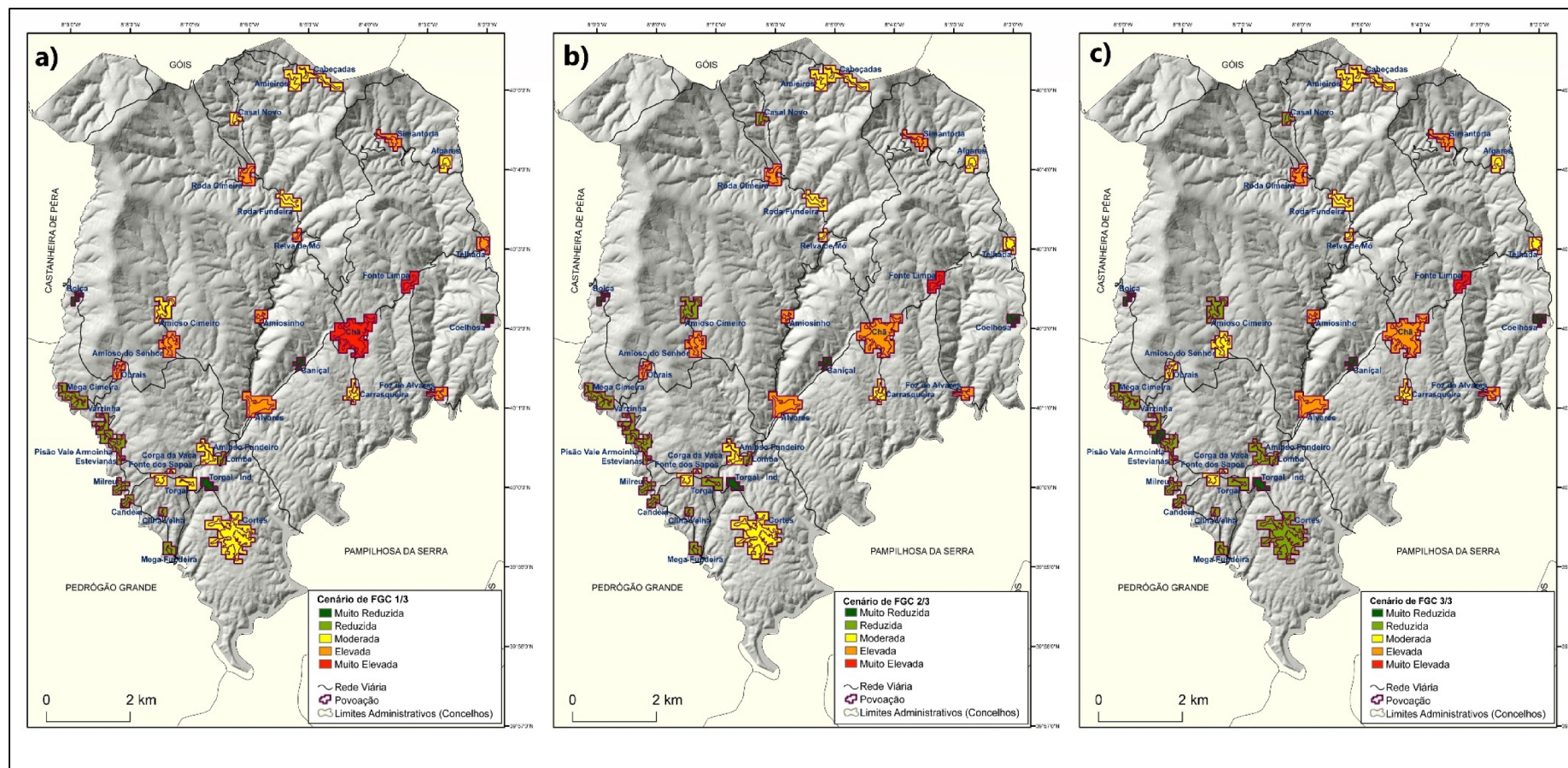


FIGURA 235 – a) EXPOSIÇÃO DINÂMICA DAS POVOAÇÕES COM CENÁRIO DE FGC 1/3; b) EXPOSIÇÃO DINÂMICA DAS POVOAÇÕES COM CENÁRIO DE FGC 2/3; c) EXPOSIÇÃO DINÂMICA DAS POVOAÇÕES COM CENÁRIO DE FGC 3/3;

## 4.5 - Validação dos modelos de exposição estrutural

Para verificar se os resultados obtidos para o nível de exposição a incêndios são consistentes com a ocorrência de incêndios na freguesia, foi testada uma forma de validação simples, baseada no cálculo da relação das áreas de cada classe, para as classes de exposição obtidas para as povoações. Tendo em conta o modelo concetual aplicado e a escala de análise, apenas a exposição estrutural foi utilizada para validação, uma vez que é com esta que se podem realizar amostragens diferentes das áreas ardidas ocorridas num período anterior.

Para realizar a validação, foram criados três modelos diferentes, aplicando amostragens de áreas ardidas com intervalos temporais diferentes: 1990 – 1999, 2000-2009 e 2010-2017 (tabela 10).

TABELA 10 - INTERVALO TEMPORAL DE INCÊNDIOS FLORESTAIS, USADO PARA A MODELAÇÃO E VALIDAÇÃO

	Intervalo para modelação	Intervalo para validação
<b>Modelo 1</b>	1990 – 1999; 2000 - 2009	2010 – 2017
<b>Modelo 2</b>	2000 – 2009; 2010 - 2017	1990 – 1999
<b>Modelo 3</b>	1990 – 1999; 2010 - 2017	2000 – 2009

Para cada um dos modelos, foi calculada a exposição estrutural tendo em conta as áreas ardidas registadas no intervalo de modelação, combinando os elementos expostos existentes na povoação (assumindo valores de 2011), com o número de vezes que a povoação foi afetada por um incêndio ao longo do período de modelação. De seguida, as classes de exposição obtidas na modelação foram cruzadas com o número de vezes que as povoações foram afetadas por incêndios registados no outro período, de validação. Por último, foram calculados rácios da relação entre as povoações expostas (modelação) e o número de vezes que estas foram afetadas por incêndios no período de validação, para cada modelo; este cálculo é realizado dividindo a percentagem de povoações em cada classe de exposição (do intervalo para modelação), pela percentagem de povoações que arderam 0, 1, 2 ou 3 vezes (obtidas com o intervalo para validação).

No modelo 1, o grupo de validação inclui povoações que não foram afetadas por incêndios (rácio0), que foram afetadas uma vez (rácio1) ou duas vezes (rácio2). No modelo 2, o grupo de validação inclui povoações que arderam uma vez (rácio1), duas vezes (rácio2) e três vezes



(rácio3), enquanto que no modelo 3, o grupo de validação tem povoações que foram afetadas por incêndios uma (rácio1) ou duas vezes (rácio2).

TABELA 11 - RÁCIOS DOS DIFERENTES MODELOS PARA CADA CLASSE DE EXPOSIÇÃO ESTRUTURAL

	Modelo1			Modelo2			Modelo3	
Classe	Rácio0	Rácio1	Rácio2	Rácio1	Rácio2	Rácio3	Rácio1	Rácio2
Muito Reduzida				4,5	2,25	2,25	0,89	3,11
Reduzida	0,5	1,5	1	8	4	0	6,75	2,25
Moderada	0	1,12	0,99	1,27	0,98	0	0,44	1,56
Elevada	0	12	0	3,38	0,56	0,56	12	0
Muito Elevada	1,5	2,25	2,25	5,76	1,44	0	9	9

Média	0,5	4,21	1,06	4,58	1,84	0,56	5,81	3,18
Média (S/Zeros)	1		1,41			1,40		3,9

Nos três modelos obtidos (tabela 11), é na classe elevada e muito elevada que se encontram os valores mais altos de rácio, ou seja, as povoações que estão classificadas como tendo exposição elevada e muito elevada, são as que foram afetadas mais vezes por incêndios. No modelo 1, a classe muito reduzida não inclui nenhuma povoação que tenha sido atingida por um incêndio nesse modelo. Considerando os resultados para todos os modelos, verifica-se que a média dos rácios é mais elevada nas classes elevada e muito elevada, com um valor de 5,7 e 4,45, respetivamente (tabela 12). A média é mais baixa na classe moderada. Somando os rácios das classes elevada e muito elevada, o valor é de 5,08; somando os rácios das classes muito reduzida e reduzida, o valor é de 3,01. Ou seja, apesar das diferenças encontradas nos três modelos, derivada em parte da variabilidade anual de área ardida, as povoações que se encontram nas classes mais elevadas de exposição estrutural apresentam uma tendência para serem afetadas mais vezes por incêndios.

TABELA 12 – MÉDIA DOS RÁCIOS CONSOANTE AS CLASSES DE EXPOSIÇÃO ESTRUTURAL

Classe	Médios rácios C/zero	Médios rácios S/zero	Média das classes
Muito Reduzida	2,6	2,6	
Reduzida	3	3,42	3,01
Moderada	0,79	1,06	
Elevada	3,56	5,7	5,09
Muito Elevada	3,9	4,45	



# Capítulo 5 – Fatores de Vulnerabilidade das povoações da freguesia de Alvares

## 5.1 - Metodologia

Para analisar os fatores de vulnerabilidade das povoações da freguesia de Alvares, foram selecionadas as variáveis estatísticas, que têm em conta as características que mais favorecem/desfavorecem a população e que mais podem influenciar a degradação dos edifícios durante a ocorrência de um evento danoso. Na tabela 13 estão representadas todas as variáveis recolhidas para os elementos expostos, com exceção das estradas, uma vez que para estas não existem dados estatísticos sobre as suas características. Para avaliar a vulnerabilidade da população, foram obtidas variáveis que representam características das pessoas, e das suas condições de vida, que influenciam a autonomia, capacidade de auto-proteção e recuperação, dinamismo, entre outros, de acordo com estudos anteriores (Cutter *et al.*, 2003; Birkmann *et al.*, 2013; Paveglio *et al.*, 2015, 2016; Oliveira *et al.*, 2017). Foram então obtidos dados relativos a diversos tipos de condições: i) associados à estrutura etária, assumindo a população idosa e os muito jovens como os mais vulneráveis, devido à menor autonomia e capacidade de autoproteção; ii) escolaridade, uma vez que, o nível de literacia influencia a capacidade de compreender e aplicar medidas, assim como a perceção do risco; iii) a situação profissional, que se associa à capacidade económica para colocar em prática medidas de prevenção, de recuperação após um evento danoso ou para melhorar a sua capacidade de resposta; iv) as condições dos edifícios, nomeadamente a idade de construção, com utilização de materiais (como a madeira) não adaptados à segurança contra incêndios nos edifícios mais antigos, e os edifícios que estão vagos, por exemplo, uma vez que a falta de uso frequente diminui a intervenção e manutenção dos edifícios.

TABELA 13 - VARIÁVEIS ESTATÍSTICAS UTILIZADAS PARA O CÁLCULO DA VULNERABILIDADE

Elementos expostos	Variável
População	<ul style="list-style-type: none"><li>- % de residentes mulheres;</li><li>- % de residentes jovens (0-19 anos);</li><li>- % de residentes idosos (&gt;64 anos);</li><li>- % de residentes sem escolarização;</li><li>- % de residentes que completou o 1º ciclo;</li><li>- % de residentes que completaram o 2º, 3º ciclo e ensino secundário;</li><li>- % de residentes que completaram o ensino superior;</li><li>- % de residentes desempregados;</li><li>- % de população ativa;</li><li>- % de residentes empregados no setor primário;</li></ul>
Edifícios	<ul style="list-style-type: none"><li>- % de edifícios isolados;</li><li>- % de edifícios construídos até 1980;</li><li>- % de edifícios de pedra e adobe;</li><li>- % alojamentos vagos;</li></ul>

Após a recolha destas variáveis foi calculada a percentagem de cada variável, em cada povoação da freguesia. Posteriormente, foi realizada a análise de clusters, uma vez que esta é uma técnica que permite agrupar variáveis em grupos homogêneos, que possuam uma ou mais características em comum (Maroco, 2003). Desta forma, é possível observar, se em áreas com vulnerabilidade idêntica, é possível obter informação sobre a importância que cada variável estatística tem, no nível de vulnerabilidade (Oliveira *et al.*, 2018). O método utilizado para a análise de clusters foi o *método de Ward's*. Neste método, a associação ao cluster é determinada pelo cálculo da variância das variáveis, ou seja, é realizada a soma dos desvios quadrados da média do cluster. Quanto menor for o aumento da variância da variável, dentro do grupo, maior será a semelhança com esse cluster (OECD, 2008).

Posteriormente, foram analisadas as médias das variáveis em cada um dos cinco clusters, com o objetivo de se compreender quais as características dos grupos identificados pelo dendrograma. Em simultâneo, foram analisadas quais as povoações que estão associadas a essas características, sendo a tabela 14, a junção dos três parâmetros, onde se apresentam as características que estão associadas a cada classe de vulnerabilidade e a hierarquia das povoações resultante. Esta análise foi baseada em estudos anteriores, que indicam quais as características sociodemográficas e as condições de habitação que influenciam o nível de vulnerabilidade da população (Cutter *et al.*, 2003; Birkmann *et al.*, 2013; Pavaglio *et al.*, 2015, 2016). No grupo da classe moderada, foram integradas as povoações para as quais não existem dados da BGRI para caracterizar diretamente o nível de vulnerabilidade. No entanto, o trabalho de campo permitiu caracterizar alguns parâmetros, que indicam níveis de vulnerabilidade intermédios.

TABELA 14 - CARACTERIZAÇÃO DAS POVOAÇÕES POR CLASSE DE VULNERABILIDADE (< MENOR; > MAIOR; +-VALORES INTERMÉDIOS; - VALORES MÉDIOS BAIXOS; + VALORES MÉDIOS ALTOS; -- VALORES BAIXOS; ++ VALORES ALTOS. VALORES RELATIVOS A PERCENTAGENS)

Classe	Povoações	Variáveis	Características
Muito Baixa	Amioso do Senhor, Candeia, Lomba, Mega Cimeira, Pisão Vale Armoinha, Varzina	< % idosos; > % jovens, < % de pessoas com ensino secundário ou superior; > % de população ativa; > % de edifícios de pedra; > % de edifícios construídos até 1980.	Povoações com menor % idosos e maior % jovens, de pessoas com ensino secundário ou superior e com mais população ativa. Têm maior % de edifícios de pedra e de edifícios construídos até 1980. 50% das aldeias têm pelo menos 17% jovens e 10% de pessoas com ensino secundário ou superior completo.

Baixa	Fonte Limpa, Alvares, Chã, Cortes, Amioso Fundeiro	+- % de idosos; +- % de mulheres; +- % de população ativa; +- % de população desempregada; - % de ensino primário; - % de alojamentos vagos; + % de jovens; -- % de edifícios de pedra; -- % de edifícios construídos até 1980; -- % de edifícios isolados;	Povoações com valores intermédios de idosos e de mulheres, com valores médios baixos de população apenas com ensino primário e de alojamentos vagos. Têm a menor % de edifícios de pedra, de edifícios construídos até 1980 e de edifícios isolados. Pelo menos metade das povoações têm residentes com ensino superior completo.
Moderada	Algaes, Estevianas, Fonte dos Sapos	+- % de idosos; +- % de jovens; +- % de mulheres. + % de pessoas sem escolaridade; + % de pessoas com ensino primário; -- % de pessoas com ensino secundário; -- % de pessoas com superior completo;	Povoações com valores intermédios de idosos, jovens e mulheres. Têm valores altos de pessoas sem escolaridade e apenas com ensino primário e as % mais baixas de pessoas com ensino secundário ou superior completo. Têm a maior % de edifícios isolados e de desempregados, e os menores valores de alojamentos vagos e de trabalhadores no setor primário.
	Boiça, Caniçal, Corga da Vaca, Torgal e Torgal-ind	> % de edifícios isolados; > % de desempregados; < % de alojamentos vagos; < % de trabalhadores no setor primário;	Corga da Vaca é semelhante a Fonte dos Sapos, com dimensões mais reduzidas; Boiça e Caniçal não têm, atualmente, residentes, os alojamentos estão vagos, a maioria dos edifícios são isolados e são construídos em pedra.
Elevada	Casal Novo, Cilha Velha, Milreu, Obrais, Relva da Mó, Simantorta, Telhada	< % de pessoas sem escolaridade; < % de mulheres; < % de desempregados; > % de pessoas em média com ensino universitário > % de pessoas com ensino primário; ++ % de idosos; ++ % de edifícios construídos até 1980; ++ % de alojamentos vagos;	Povoações com a menor % de pessoas sem escolaridade, de mulheres e de desempregados. Em simultâneo, têm a maior % média de pessoas com ensino universitário e com ensino primário. Têm valores altos de idosos, de edifícios construídos até 1980 e de alojamentos vagos. Mais de metade das povoações não tem população ativa.
Muito Elevada	Amieiros, Amiosinho, Amioso, Cimeiro, Carrasqueira, Coelhosa, Foz de Alvares, Mega Fundeira, Roda Cimeira, Roda Fundeira	> % de idosos; > % de mulheres; > % de pessoas sem escolaridade; < % de jovens; < % de pessoas c/ensino universitário completo; > % de alojamentos vagos;	Povoações com a maior % de idosos, de mulheres e de pessoas sem escolaridade. Têm a menor % de jovens e de habitantes com ensino universitário completo. Têm a maior % de alojamentos vagos. Apresentam valores baixos de população ativa e de habitantes com ensino secundário.

## 5.2 – Resultados

Em relação à criação dos grupos de povoações tendo em conta os fatores de vulnerabilidade, foram obtidos cinco clusters, estando representados na figura 26 os diferentes grupos formados.

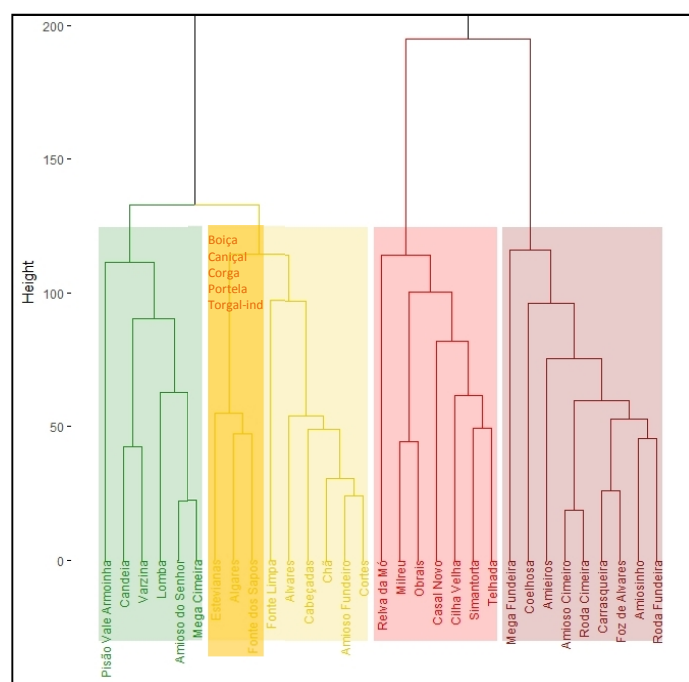


FIGURA 246 - DENDROGRAMA COM DIVISÃO DAS POVOAÇÕES DA FREGUESIA DE ALVARES EM CINCO CLUSTERS

Os resultados para os fatores de vulnerabilidade (figura 27) indicam que 17% das povoações têm uma vulnerabilidade muito reduzida, 17% apresentam uma vulnerabilidade reduzida, 22% das povoações tem uma vulnerabilidade moderada, 19% têm uma vulnerabilidade elevada e 25% das povoações apresentam uma vulnerabilidade muito elevada. Na sua generalidade, as povoações que têm uma maior dimensão, são aquelas que apresentam uma vulnerabilidade mais reduzida, como é o caso de Chã, Alvares e Cortes, entre outros. Amieiros, Roda Cimeira, Roda Fundeira, Amiosinho, Coelhosa, Foz de Alvares, Carrasqueira, Amoso Cimeiro e Mega Fundeira são as povoações com classe de vulnerabilidade muito elevada, indicando que a população residente tem características que aumentam a sua propensão para sofrerem maiores danos ou perdas em caso de ocorrência de um incêndio. Uma vez que os fatores de vulnerabilidade não se alteram a curto prazo e implicam eventuais mudanças sociais e demográficas que não dependem de ações imediatas, as povoações com maior nível de vulnerabilidade devem ser prioritárias na implementação de medidas de prevenção e mitigação, assim como para possível evacuação aquando da ocorrência de um incêndio.



### 5.3 - Condições de capacidade de resposta

Com o conhecimento das povoações que apresentam maior exposição e vulnerabilidade, torna-se possível definir estratégias de prevenção e proteção mais bem ajustadas às características e necessidades da população. Tendo em conta as condições sociodemográficas da população residente nas povoações da freguesia de Alvares e as características de acessibilidade destes territórios, uma das possibilidades é identificar, ou criar, um local de abrigo na povoação onde a população se possa albergar em caso de incêndio. Esta possibilidade vai de encontro ao programa “*Aldeias Seguras e Pessoas Seguras*”, apresentado pela Autoridade Nacional de Proteção Civil em Abril de 2018. Um abrigo é um edifício, que tenha fácil acesso dentro de uma povoação, que seja resistente a ignições e que reúna as condições necessárias para funcionar e albergar a população, no intervalo de tempo necessário (ANPC, 2018).

Desta forma, foram identificados potenciais locais de abrigo em cada povoação, tendo em conta a sua localização dentro do aglomerado, a proximidade de áreas vegetadas e a acessibilidade. Esta análise foi feita a partir de trabalho de campo na freguesia de Alvares, tendo sido percorridas todas as 36 povoações e identificados os edifícios que poderiam ser transformados em locais de abrigo, segundo as condições referidas. Verificou-se que a maioria dos edifícios com as condições necessárias correspondiam a centro de convívio, igreja, escola ou outro edifício público (figura 28). Em algumas povoações, não existiam edifícios que reunissem todos os requisitos. Nestes casos, foi posteriormente identificado o local de abrigo existente na povoação mais próxima, para onde os residentes se poderiam dirigir (tabela 15). Esta análise foi complementada pelo cálculo da distância entre a povoação e o local de abrigo identificado, tendo em conta a distância-tempo por estrada alcatroada existente.

TABELA 15 - POVOAÇÕES MAIS PRÓXIMAS QUE OS RESIDENTES SE PODEM DIRIGIR, CASO NÃO TENHAM ABRIGO NA SUA POVOAÇÃO

Povoações com Abrigo	Povoações sem abrigo, com deslocamento
Chã	Telhada; Coelhosa; Carrasqueira, Caniçal; Foz de Alvares; Fonte Limpa.
Alvares	Amiosinho; Lomba; Amioso Fundeiro; Caniçal.
Cortes	Cilha Velha, Torgal, Torgal-Industrial.
Milreu	Candeia; Fonte dos Sapos; Corga da Vaca.
Estevianas	Pisão Vale Armoinha; Varzina.
Mega Cimeira	Obrais; Boiça.
Amioso do Senhor	Amioso Cimeiro.
Cabeçadas	Amieiros.



Roda Fundeira	Relva de Mó.
---------------	--------------



FIGURA 268 - EXEMPLOS DE ABRIGOS NAS POVOAÇÕES: A) CAPELA EM MILREU; B) CAFÉ EM CABEÇADAS; C) CASA DE CONVÍVIO EM ESTEVIANAS; D) IGREJA EM CORTES.

Posteriormente, foi calculada a distância-custo, que representa o caminho preferencial (mais rápido e que custe menos a chegar), desde o local de partida (casas residenciais) e o local de chegada (abrigo), tendo em conta os obstáculos que possam surgir. Neste caso, apenas foram utilizadas as estradas como obstáculo, tendo sido dada uma classificação de 1 (mais fácil de percorrer) para estrada alcatroada, 5 para caminho florestal e 10 (mais difícil de percorrer) para áreas sem estradas. As estradas alcatroadas foram separadas dos caminhos florestais, uma vez que os caminhos florestais não devem servir como via de evacuação, quando ocorre um incêndio florestal numa área densamente florestada como Alvares. De seguida, foi calculada a distância, em metros, do caminho que foi dado como preferencial. Esta distância foi convertida em tempo, tendo em conta que uma pessoa com mais de 70 anos percorre em média 3,7 km por hora (3700 m/h) (Bohannon 1997; Roush & Bay, 2014). Apenas se teve em conta a velocidade num percurso percorrido a pé, uma vez que a população predominante nas povoações mais vulneráveis de Alvares se caracteriza pela idade avançada e pela impossibilidade de conduzir, tendo o intervalo de distância sido ajustado (reduzido em relação

ao tempo). A tabela 16, sintetiza os valores convertidos, bem como a classe final atribuída às povoações. Esta classe teve como limite mínimo definido 20 min, uma vez que esse é o tempo ideal máximo de chegada dos bombeiros na sua 1ª intervenção, estabelecido pela Proteção Civil.

TABELA 16 - VALORES CONVERTIDOS DE TEMPO EM DISTÂNCIA E CLASSES ATRIBUÍDAS

<b>Tempo (minutos)</b>	<b>Distância(metros)</b>	<b>Existência de abrigo</b>	<b>Classe</b>
0-5 min	0 – 300 m	Abrigo dentro da povoação	Dentro da povoação (<20 min)
5-10 min	300 - 600 m	Abrigo dentro da povoação	Dentro da povoação (<20 min)
10 – 20 min	600 – 1100 m	Abrigo fora da povoação	Fora da povoação (<20 min)
20 – 30 min	1100 – 1400 m	Abrigo fora da povoação	Fora da povoação (20-30 min)
>30 min	> 1400 m	Abrigo fora da povoação	Fora da povoação (>30 min)

Com isto verificou-se que, 38,9% das povoações possuem edifícios que podem ser utilizadas como abrigo e as pessoas demoram menos de 20 minutos a chegar a esse mesmo ponto. No que diz respeito às povoações sem abrigo dentro do seu perímetro, em 19,4% das povoações as pessoas demoram menos de 20 minutos a chegar ao abrigo, em 22,2% das povoações as pessoas demoram entre 20 – 30 minutos a alcançar um abrigo e 19,4% das povoações demoram mais de 30 minutos a ir para um abrigo. De salientar que dentro da povoação e com a existência de abrigo, a população não demora mais que 20 minutos a chegar ao destino (figura 29).

As povoações em que as pessoas demoram mais que 30 minutos a chegar ao abrigo, são as que devem ter prioridade de evacuação, aquando um acontecimento de um incêndio, uma vez que são as que demoram mais a chegar ao abrigo. Comparativamente com os valores de vulnerabilidade, são também estas as que apresentam vulnerabilidade muito elevada, como é o caso de Coelhosa, Foz de Alvares e Amiosinho. Em relação à exposição, as povoações que têm maior nível de exposição, são as que apresentam abrigo dentro da povoação, como é o caso de Alvares e Chã. Estas povoações são de maior dimensão, incluindo por isso mais edifícios e tendo maior densidade populacional, mas têm também dentro dos seus limites mais estruturas que podem ser usadas como abrigo em caso de incêndio.

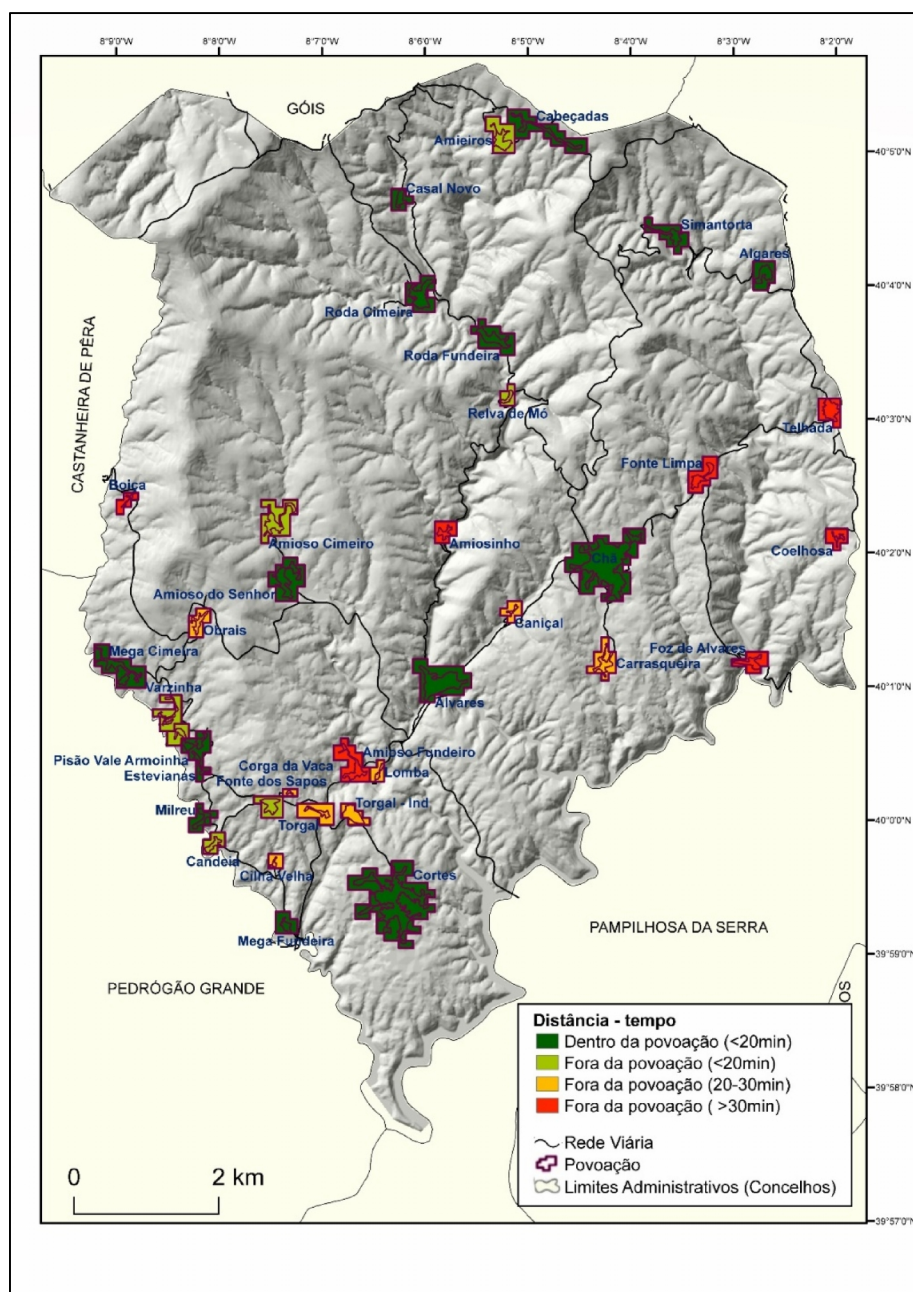


FIGURA 29 - TEMPO DE CHEGADA AO ABRIGO PARA AS POVOAÇÕES DA FREGUESIA DE ALVARES



## Capítulo 6- Conclusões

A presente dissertação apresenta os resultados da avaliação da exposição e de fatores de vulnerabilidade para povoações de pequena dimensão dentro de Alvares. Em termos de exposição estática, verificou-se que quase dois terços das povoações da freguesia de Alvares apresentam exposição elevada. A exposição estrutural demonstra que as povoações classificadas como exposição moderada predominam. Comparando estas duas vertentes da avaliação de exposição, é possível verificar que nem todas as povoações que apresentam maior densidade de elementos expostos, representada diretamente na exposição estática, são as que têm um nível superior de exposição estrutural, baseada na ocorrência histórica de incêndios.

Com a análise da exposição dinâmica, verificam-se grandes mudanças de exposição nas povoações, consoante os vários cenários utilizados. O cenário com maior redução de povoações em classes elevadas foi o da implementação das faixas de gestão 3/3, diminuindo em 80% as povoações em classe muito elevada, em relação ao BAU. Isto realça a importância da aplicação dos diferentes cenários de gestão dos combustíveis, algo que é bastante defendido atualmente (Neto, 2009; ICNF, 2011;). Esta defesa tem como base a eficiência das faixas de gestão no combate a incêndios de grandes dimensões, uma vez que estas dificultam a propagação do fogo, diminuem a inflamabilidade dos combustíveis e reduzem a intensidade do fogo (ICNF, 2011). É bastante notória a influência das faixas de gestão de combustível na redução da exposição da população e das potenciais perdas e danos, devendo ser ponderada a implementação das faixas tendo também em conta os níveis de exposição e vulnerabilidade das povoações.

A análise de vulnerabilidade demonstra uma dispersão espacial entre as classes de vulnerabilidade, sendo que as povoações de maior dimensão, com maior dinamismo socioeconómico, maiores percentagens de população jovem e com maiores níveis de escolaridade, são menos vulneráveis. As povoações mais expostas podem não corresponder totalmente às povoações mais vulneráveis, nem as mais suscetíveis.

Tendo em conta as condições de capacidade de resposta, a cartografia que representa o tempo de chegada a potenciais abrigos indica que mais de metade das povoações não têm, atualmente, edifícios que reúnam os requisitos necessários, demorando mais de 20 minutos a chegar a um abrigo localizado noutra povoação da freguesia.

Considerando as diferentes componentes do modelo concetual apresentadas neste trabalho (susceptibilidade, exposição e vulnerabilidade, Tabela 17), se todas elas fossem conjugadas, a hierarquização das povoações poderia ser modificada.

TABELA 17 - RESULTADOS OBTIDOS NAS COMPONENTES DE RISCO ANALISADAS

Povoação	Suscetibilidade	Nível de exposição estático	Nível de Exposição Estrutural	Nível de exposição dinâmico-BAU	Nível de exposição dinâmico - Abandono	Nível de exposição dinâmico – FGC 1/3	Nível de exposição dinâmico – FGC 2/3	Nível de exposição dinâmico – FGC 3/3	Nível de vulnerabilidade	Local de abrigo
Algares	Moderada	Muito Elevada	Moderada	Elevada	Elevada	Moderada	Moderada	Moderada	Moderada	Dentro da povoação <20 min
Alvares	Muito Elevada	Muito Elevada	Muito Elevada	Muito Elevada	Muito Elevada	Elevada	Elevada	Elevada	Reduzida	Dentro da povoação <20 min
Amieiros	Muito Reduzida	Elevada	Elevada	Elevada	Elevada	Moderada	Moderada	Moderada	Muito elevada	Fora da povoação <20 min
Amiosinho	Muito Reduzida	Muito Elevada	Muito Elevada	Muito Elevada	Muito elevada	Elevada	Elevada	Elevada	Muito elevada	Fora da povoação >30 min
Amioso Cimeiro	Muito Reduzida	Moderada	Muito Reduzida	Muito Elevada	Moderada	Moderada	Reduzida	Reduzida	Muito elevada	Fora da povoação <20 min
Amioso do Senhor	Muito Reduzida	Muito Elevada	Elevada	Elevada	Elevada	Elevada	Elevada	Moderada	Muito reduzida	Dentro da povoação <20 min
Amioso Fundeiro	Muito Reduzida	Elevada	Elevada	Moderada	Moderada	Moderada	Moderada	Reduzida	Reduzida	Fora da povoação >30 min
Boiça	Moderada	Muito Reduzida	Muito Reduzida	Muito Reduzida	Muito reduzida	Muito reduzida	Muito reduzida	Muito Reduzida	Moderada	Fora da povoação >30 min
Cabeçadas	Elevada	Moderada	Moderada	Moderada	Moderada	Moderada	Moderada	Moderada	Reduzida	Dentro da povoação <20 min
Candeia	Moderada	Elevada	Moderada	Reduzida	Moderada	Reduzida	Reduzida	Reduzida	Muito reduzida	Fora da povoação <20 min
Caníçal	Muito Elevada	Reduzida	Muito Reduzida	Muito Reduzida	Reduzida	Muito reduzida	Muito reduzida	Muito reduzida	Moderada	Fora da povoação 20-30 min
Carrasqueira	Muito Reduzida	Elevada	Elevada	Elevada	Elevada	Moderada	Moderada	Moderada	Muito Elevada	Fora da povoação 20-30 min
Casal Novo	Muito Reduzida	Moderada	Reduzida	Moderada	Moderada	Moderada	Reduzida	Reduzida	Elevada	Dentro da povoação <20 min
Chã	Muito Reduzida	Elevada	Muito Elevada	Muito Elevada	Muito elevada	Muito elevada	Elevada	Elevada	Reduzida	Dentro da povoação <20 min
Cilha Velha	Reduzida	Elevada	Elevada	Reduzida	Moderada	Reduzida	Reduzida	Reduzida	Elevada	Fora da povoação 20-30 min
Coelhosa	Muito Reduzida	Muito Reduzida	Muito Reduzida	Muito Reduzida	Muito reduzida	Muito reduzida	Muito reduzida	Muito reduzida	Muito Elevada	Fora da povoação >30 min
Corga da Vaca	Muito Reduzida	Muito Elevada	Elevada	Moderada	Moderada	Moderada	Moderada	Moderada	Moderada	Fora da povoação >30 min
Cortes	Muito Reduzida	Elevada	Moderada	Moderada	Moderada	Moderada	Moderada	Reduzida	Reduzida	Dentro da povoação <20 min
Estevianas	Reduzida	Elevada	Moderada	Moderada	Moderada	Reduzida	Reduzida	Reduzida	Moderada	Dentro da povoação <20 min

Fonte dos Sapos	Reduzida	Muito Elevada	Elevada	Elevada	Elevada	Moderada	Moderada	Moderada	Moderada	Fora da povoação <20 min
Fonte Limpa	Moderada	Muito Elevada	Muito Elevada	Muito Elevada	Muito elevada	Muito elevada	Muito elevada	Muito elevada	Reduzida	Fora da povoação >30 min
Foz de Alvares	Muito Reduzida	Elevada	Moderada	Moderada	Elevada	Elevada	Elevada	Elevada	Muito Elevada	Fora da povoação >30 min
Lomba	Muito Reduzida	Moderada	Moderada	Moderada	Moderada	Reduzida	Reduzida	Reduzida	Muito reduzida	Fora da povoação 20-30 min
Mega Cimeira	Moderada	Elevada	Reduzida	Muito Elevada	Reduzida	Reduzida	Reduzida	Reduzida	Muito reduzida	Dentro da povoação <20 min
Mega Fundeira	Muito Reduzida	Moderada	Reduzida	Moderada	Reduzida	Reduzida	Reduzida	Reduzida	Muito elevada	Dentro da povoação <20 min
Milreu	Moderada	Moderada	Reduzida	Reduzida	Reduzida	Reduzida	Reduzida	Reduzida	Elevada	Dentro da povoação <20 min
Obrais	Reduzida	Muito Elevada	Elevada	Elevada	Elevada	Elevada	Elevada	Moderada	Elevada	Fora da povoação 20-30 min
Pisão Vale Armoinho	Muito Reduzida	Moderada	Muito Reduzida	Reduzida	Reduzida	Reduzida	Reduzida	Muito reduzida	Muito reduzida	Fora da povoação <20 min
Relva de Mó	Muito Reduzida	Elevada	Moderada	Elevada	Elevada	Elevada	Moderada	Moderada	Moderada	Fora da povoação <20 min
Roda Cimeira	Muito Reduzida	Muito Elevada	Reduzida	Muito Elevada	Muito elevada	Elevada	Elevada	Elevada	Muito elevada	Dentro da povoação <20 min
Roda Fundeira	Muito Reduzida	Elevada	Reduzida	Moderada	Moderada	Moderada	Moderada	Moderada	Muito Elevada	Dentro da povoação <20 min
Simantorta	Muito Reduzida	Muito Elevada	Muito Elevada	Elevada	Muito elevada	Elevada	elevada	Elevada	Elevada	Dentro da povoação <20 min
Telhada	Moderada	Elevada	Moderada	Elevada	Elevada	Elevada	Moderada	Moderada	Elevada	Fora da povoação >30 min
Torga-Industrial	Elevada	Reduzida	Reduzida	Muito Reduzida	Muito reduzida	Muito reduzida	Muito reduzida	Muito reduzida	Moderada	Fora da povoação 20-30 min
Torga	Muito Reduzida	Elevada	Moderada	Moderada	Moderada	Moderada	Reduzida	Reduzida	Moderada	Fora da povoação 20-30 min
Varzinha	Muito Reduzida	Moderada	Reduzida	Reduzida	Reduzida	Reduzida	Reduzida	Reduzida	Muito reduzida	Fora da povoação <20 min

A combinação destes diferentes componentes resultaria num valor de risco para cada povoação, que é relevante, mas não está dentro do âmbito desta dissertação.

Considerando os diferentes tipos de exposição analisados, a exposição estática é a menos ajustada a uma avaliação de risco para as povoações, uma vez que não inclui diferentes níveis de probabilidade de arder. No entanto, importa referir que a exposição estática demonstra que, considerando apenas uma probabilidade constante na freguesia e não existindo dados de probabilidade de incêndios ao nível da povoação, verificam-se, mesmo assim, variações de exposição nas povoações da freguesia devido a diferentes densidades dos elementos expostos. Havendo outros níveis de exposição estudados, a escolha mais acertada para a conjugação dos diferentes elementos de risco, bem como em termos de Ordenamento do Território, seria como base a exposição dinâmica com o cenário de BAU. Esta exposição acaba por ter em conta os combustíveis presentes antes do incêndio de 2017 na freguesia de Alvares, acabando por ser uma exposição mais realista em termos de características territoriais. No entanto, se for considerado planeamento de socorro, os índices de vulnerabilidade devem ser usados em conjunto com a exposição com cenário de BAU, para assim haver uma interpretação de quais seriam as povoações mais expostas e, simultaneamente, mais vulneráveis. Estas devem de ser as prioritárias em caso de evacuação, uma vez que são as que apresentam população e edifícios mais desfavorecidos e exposição mais elevada.

A utilização da povoação como elemento base de análise apresentou algumas vantagens:

- Permitiu um estudo mais detalhado dos elementos expostos, bem como da localização das pessoas mais vulneráveis, uma vez que estas estão concentradas nas povoações da freguesia;
- Permitiu identificar as condições de exposição e vulnerabilidade para cada povoação individualmente, o que pode facilitar a implementação ajustada de medidas baseadas nas características específicas das pessoas que lá residem;
- A aplicação das simulações de probabilidade de arder à escala da povoação permitiu identificar quais os cenários de gestão de combustível que também podem contribuir para melhorar a segurança da população, para além dos objetivos associados à redução das ignições e da velocidade de propagação de um incêndio;
- Permite a implementação de medidas que têm em conta programas atuais, como o das “Aldeias Seguras e Pessoas Seguras”, da Autoridade Nacional de Proteção Civil.



Por outro lado, o desenvolvimento deste trabalho teve alguns desafios:

- Reduzida disponibilidade de dados com este detalhe, sendo apenas possível incluir as pessoas, edifícios e estradas como elementos expostos. Outros elementos, como as linhas elétricas, foram retiradas devido à ausência de dados compatíveis com esta escala;
- Obtenção de dados atualizados de elementos expostos para a escala local, havendo apenas dados estatísticos para 2011. Uma vez que é uma área rural, em 7 anos já sofreu bastantes modificações em termos demográficos, levando a uma desatualização do número real das pessoas residentes em cada povoação;
- Seria importante ter avaliações adicionais de distância-tempo, como por exemplo o percurso feito de carro e de bicicleta, ou então serem adicionadas mais variáveis como obstáculo ao percurso (por exemplo adição dos declives nas deslocações superiores a 600 m);
- O conhecimento de locais de abrigo nas freguesias limítrofes de Alvares seria algo importante, uma vez que podem existir abrigos com melhores condições e com menores distâncias a serem percorridas pela população;
- A avaliação da vulnerabilidade da população para toda a povoação não integra diferenças entre indivíduos residentes na mesma povoação;
- A realização da validação da exposição é bastante complicada, uma vez que não é possível realizar para todos os níveis de exposição realizados. Mesmo para a exposição estrutural, à escala da povoação, as áreas ardidadas acabam por ser um dado com bastante variabilidade na escala temporal analisada.

A metodologia aplicada à freguesia de Alvares pode ser replicada noutras comunidades locais, dependendo dos dados disponíveis e da possibilidade de realizar trabalho de campo. Tendo como base a cartografia de risco a incêndios florestais para 2018, realizada pelo Centro de Estudos Florestais (CEF) do Instituto Superior de Agronomia (ISA), torna-se possível identificar quais as áreas/concelhos do país, onde se podem gerar grandes incêndios, tornando-se assim em áreas prioritárias de intervenção, como é o caso do Pinhal Interior e de Monchique. O conhecimento dos elementos expostos presentes na área, bem como as características dos mesmos, permite uma melhor gestão dos meios de combate e uma implementação de medidas de mitigação e prevenção mais ajustadas às condições das comunidades locais.

Porém, isto só se torna possível se houver uma boa articulação entre diversas entidades, como as Câmaras Municipais, Juntas de Freguesia e entidades de Proteção Civil, e se incluir a participação da população residente.

Este estudo demonstra a possibilidade de aplicar uma metodologia simples de avaliação da exposição a incêndios para as povoações, integrando informação dos elementos prioritários de intervenção (pessoas e edifícios) e contribuindo para a definição de abordagens de prevenção e mitigação de incêndios florestais adequadas ao nível local. Uma vez identificadas as povoações mais expostas e vulneráveis (tabela 17), é possível haver uma melhor articulação das estratégias de gestão de combustíveis, utilizadas em simultâneo para reduzir a propagação de incêndios e melhorar a proteção das povoações.

# Bibliografia

Autoridade Nacional da Proteção Civil – ANPC. (2018). *Aldeias seguras, pessoas seguras* - Guia de apoio à implementação.

Alcasena, F. J., Salis, M., Ager, A. A., Arca, B., Molina, D., & Spano, D. (2015). Assessing Landscape Scale Wildfire Exposure for Highly Valued Resources in a Mediterranean Area. *Environmental Management*. <http://doi.wiley.com/10.1111/risa.12739>

Almeida, M. (2011). *Propagação de incêndios florestais por focos secundários*. Tese de Doutoramento em Engenharia Mecânica, Universidade de Coimbra, 155 p.

Alves, P. (2012). *Probabilidade de ignição e suscetibilidade de incêndios florestais*. Dissertação de Mestrado em Sistema de Informação Geográfica e Ordenamento do Território, Universidade do Porto, 144p.

Alves, S. (2013). *A geografia do envelhecimento da população - oferta e procura de estruturas residenciais para idosos. O caso do concelho de Beja*. Dissertação de Mestrado em Gestão do Território e Urbanismos, Universidade de Lisboa, 198 p.

Bento-Gonçalves, A., Vieira, A., Nunes, A., Lourenço, L., Oliveira, S., & Félix, F. (2014). Análise de vulnerabilidade a incêndios florestais na região do Minho, Portugal. In *Multidimensão e Territórios de Riscos* (pp. 721–725). <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.14195/978-989-96253-3-4>

Bernier, C. (2010). *Análise de comportamento de fogo em povoamentos de eucalipto - Caso de estudo área GLOBLAND*. Tese de Doutoramento em Engenharia Técnica Florestal, Universidade de Huelva, 133 p.

Birkmann, J., Cardona, O. D., Carreño, M. L., Barbat, A. H., Pelling, M., Schneiderbauer, S., ... Welle, T. (2013). Framing vulnerability, risk and societal responses: The MOVE framework. *Natural Hazards*, 67(2), 193–211. <https://doi.org/10.1007/s11069-013-0558-5>

Birkmann, J., & Welle, T. (2015). Assessing the risk of loss and damage: exposure, vulnerability and risk to climate-related hazards for different country classifications. *International Journal of Global Warming*, X(Y), 1-22. <http://www.inderscience.com/link.php?id=71963>

Bohannon, R. W. (1997). Comfortable and maximum walking speed of adults aged 20—79 years: reference values and determinants. *Age and ageing*, 26(1), 15-19.

- Chuvieco, E., Martínez, S., Román, M., Victoria, H., Stijn, P., Lucrecia, M. (2014). Integration of ecological and socio-economic factors to assess global vulnerability to wildfire. *Glob. Ecol. Biogeogr*, 23 (2), 245–258.
- Ciurean, R.L., Schroter, D., Glade, T. (2013). Conceptual frameworks of vulnerability assessments for natural disasters reduction. *Approaches to Disaster Management - Examining the Implications of Hazards, Emergencies and Disasters*, 3-32. <https://doi.org/10.5772/55538>.
- Costafreda-Aumedes, S., Comas, C., & Vega-Garcia, C. (2017). Human-caused fire occurrence modelling in perspective: A review. *International Journal of Wildland Fire*, 26, 983–998. <https://doi.org/10.1071/WF17026>
- Costa, L., Kropp, J.P.,(2013). Linking components of vulnerability in theoretic frameworks and case studies. *Sustain. Science*, 8, 1-9. <https://doi.org/10.1007/s11625-012-0158-4>
- Cutter, S. L., Boruff, B. J., & Shirley, W. L. (2003). Social vulnerability to environmental hazards. *Social Science Quarterly*, 84(2), 242-261. <http://dx.doi.org/10.1111/1540-6237.8402002>.
- Decreto-Lei n.º124/2006, de 28 de Junho, Diário da República, I Série, n.º 123-A de 28/06/2006.
- Delgado, M. (2011). *Sistema de informação geográfica aplicado ao transporte de reclusos*. Universidade Nova de Lisboa. Dissertação de Mestrado em Ciências e Sistemas de Informação Geográfica, Universidade Nova de Lisboa, 104 p.
- DUDF. ( 2012) Plano Municipal de defesa da floresta contra incendios - Guia Técnico.
- Dimuccio, L., Ferreira, R., Cunha, L., & Almeida, A. (2008). Suscetibilidade aos incêndios florestais na Região Centro de Portugal. Utilização de ferramentas SIG e de um modelo de redes neurais para ponderar os factores condicionantes. *Cadernos de Geografia*, 26/27, 179–188.
- FAO (2007). *Fire Management – Global Assessment 2006. A Thematic Study prepared in the framework of the Global Forest Resources Assessment 2005*. FAO, Rome.
- Finney, M. (2005). The challenge of quantitative risk analysis for wildland fire. *Forest Ecology and Management*, 211, 97–108. doi:10.1016/J.FORECO.2005.02.010

Fernandes, S. P. (2015). *Incêndios florestais em Portugal Continental fora do “ período crítico ”. Contributos para o seu conhecimento*. Dissertação de Mestrado em Geografia Física e Ordenamento do Território, Universidade de Coimbra, 234p..

Ferreira-Leite, F., Bento-Gonçalves, A., Lourenço, L., Úbeda, X., & Vieira, A. (2013). Grandes Incêndios Florestais em Portugal Continental como resultado das perturbações nos regimes de fogo no mundo Mediterrâneo. *Silva Lusitana*, 9, 129–144. <http://www.scielo.gpeari.mctes.pt/pdf/slu/v21nEspecial/v21a09.pdf%5Cnhttp://hdl.handle.net/1822/25046>

Garcia, R. (2012). *Metodologias de avaliação da perigosidade e risco associado a movimentos de vertente: Aplicação na bacia do rio Alenquer*. Dissertação de Doutoramento em Geografia, Universidade de Lisboa, 437p. <http://hdl.handle.net/10451/7377>

Henriques, S. (2011). *Reincidência de incêndios florestais no distrito da Guarda: Factores desencadeantes e consequências ambientais da manifestação do risco dendrocaustológico*. (Dissertação de mestrado) .

Hirschberger, P. (2016). *Forests ablaze: Causes and effects of global forest fires*. (W. Deutschland, Ed.). Berlim.

Instituto de Conservação da Natureza e das Florestas.(2012). Relatório anual de áreas ardidas e incendios florestais em Portugal Continental.

Instituto de Conservação da Natureza e das Florestas. (2013). *Áreas dos usos do solo e das espécies florestais de Portugal continental*. 6ºInventário Florestal Nacional.

Instituto de Conservação da Natureza e das Florestas. (2014). 1ª versão do Manual de rede primária.

Instituto de Conservação da Natureza e das Florestas. (2017). 9º relatório provisório de incêndios florestais - 2017-01 de janeiro a 16 de outubro.

Independente, C. T. (2017). *Análise e apuramento dos factos relativos aos incêndios que ocorreram em Pedrogão Grande, Castanheira de Pera, Ansião, Alvaiázere, Figueiró dos Vinhos, Arganil, Góis, Penela, Pampilhosa da Serra, Oleiros e Sertã, entre 17 e 24 de junho de 2017*.

Julião, R., Nery, F., Ribeiro, J., Branco, M., & Zêzere, J. (2009). *Guia metodológico para a produção de cartografia municipal de risco e para a criação de sistemas de informação geográfica ( sig ) de base municipal*.

Mateus, P. (2015). *Incêndios Florestais em Portugal: dinâmicas e políticas*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Florestal, Universidade Trás-os-Montes e Alto Douro..

Maroco, J. (2003). *Análise estatística com utilização do SPSS*. Edições Silabo, Lisboa.

Mitsopoulos, I., Mallinis, G., & Arianoutsou, M. (2014). Wildfire Risk Assessment in a Typical Mediterranean Wildland–Urban Interface of Greece. *Environmental Management*, 55(4),900-915. <https://doi.org/10.1007/s00267-014-0432-6>

Navarro, E. (1884). *Quatro dias na Serra da Estrela: notas de um passeio*. Edição da Costa Santos.

Neto, R. (2009). *Implementação da rede primária do distrito de Castelo Branco*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Florestal e Recursos Naturais, Universidade Técnica de Lisboa, 91p.

Nunes, A. (2001). *Incêndios Florestais no Parque Natural da Serra da Estrela: Quadro Físico - Geográfico da sua ocorrência*. *Cadernos de Geografia*, 20,93-112.

Nunes, Adélia., Oliveira, S., Lourenço, L., Bento Gonçalves, A., Vieira, A., Fernando, F. (2015) Vulnerabilidade a incêndios na Europa Mediterrânea. Abordagem concetual e a utilização de dados de satélite. *Atas das I Jornadas Lusófonas CTIG*,330-344.

Nunes, A. N., Lourenço, L., & Meira, A. C. C. (2016). Exploring spatial patterns and drivers of forest fires in Portugal (1980–2014). *Science of the Total Environment*, 573, 1190–1202. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.03.121>

OECD. (2008) *Handbook on constructing composite indicators: Methodology and user guide*.

Oliveira, S., Bento-Gonçalves, A., Nunes, A., Vieira, A., Félix, F., & Lourenço, L. (2014). Prevenção de incêndios florestais e análise da vulnerabilidade com recurso a dados de satélite. O exemplo do projecto REFER. *VIII Colóquio de Geografia de Coimbra*, 1. [https://doi.org/http://dx.doi.org/10.14195/0871-1623\\_33\\_17](https://doi.org/http://dx.doi.org/10.14195/0871-1623_33_17)

Oliveira, S., Félix, F., Nunes, A., Lourenço, L., Laneve, G., & Sebastián-López, A. (2018). Mapping wildfire vulnerability in Mediterranean Europe. Testing a stepwise approach for operational purposes. *Journal of Environmental Management*, 206, 158–169. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.10.003>

Oliveira, S., Zêzere, J. L., Queirós, M., & Pereira, J. M. (2017). Assessing the social context of wildfire-affected areas. The case of mainland Portugal. *Applied Geography*, 88, 104–117. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2017.09.004>

Paveglio, T. B., Moseley, C., Carroll, M. S., Williams, D. R., Davis, E. J., & Fischer, A. P. (2015). Categorizing the social context of the wildland urban interface: Adaptive capacity for wildfire and community "Archetypes." *Forest Science*, 61(2), 298-310. <http://dx.doi.org/10.5849/forsci.14-036>.

Paveglio, T. B., Prato, T., Edgeley, C., & Nalle, D. (2016). Evaluating the characteristics of social vulnerability to Wildfire: Demographics, perceptions, and parcel characteristics. *Environmental Management*, 58(3), 534-548. <http://dx.doi.org/10.1007/s00267-016-0719-x>

Peixoto, J., Craveiro, D., Malheiros, J., Oliveira, I., Gomes, C., Abreu, D., ... Escária, V. (2017). *Migrações e sustentabilidade demográfica: Perspetivas de evolução da sociedade e económica portuguesas*.

Pinto, A. (1939). *O Pinhal do rei. Subsídios*. Alcobça: A. Arala Pinto.

Rebelo, J. F. L. (2015). *Avaliação do risco de incêndios florestais nos concelhos de São Brás de Alportel e Tavira*. Dissertação de Mestrado em Geografia Física e Ordenamento do Território, Universidade de Lisboa, 111 p.

Roush, J., & Bay, R. C. (2014). Percentile Ranks for Walking Speed in Subjects 70-79 Years: A Meta-analysis. Internet. *Journal of Allied Health Sciences and Practice*, 12(1), 1-11.

Salis, M., Ager, A. A., Alcasena, F. J., Arca, B., Finney, M. A., Pellizzaro, G., & Spano, D. (2015). Analyzing seasonal patterns of wildfire exposure factors in Sardinia, Italy. *Environmental Monitoring and Assessment*, 187(1). <https://doi.org/10.1007/s10661-014-4175-x>

Salis, M., Ager, A., Arca, B., Finney, M., & Bacciu, V. (2012). Assessing exposure of human and ecological values to wildfire in Sardinia, Italy. *International Journal of Wildland Fire*, 549-565. <http://www.publish.csiro.au/?paper/WF11060>

San-Miguel-Ayán, J., Schulte, E., Schmuck, G., Camia, A., Strobl, P., Liberta, G., et al. (2012). Comprehensive monitoring of wildfires in Europe: the European forest fire information system (EFFIS). In J. Tiefenbacher (Ed.), *Approaches to managing disaster: Assessing hazards, emergencies and disaster impacts* (pp. 87-108).

San-Miguel-Ayán, J., Moreno, J. M., & Camia, A. (2013). Analysis of large fires in European Mediterranean landscapes: Lessons learned and perspectives. *Forest Ecology and Management*, 294, 11-22. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.10.050>

Santos, B. (2010). *Aplicação dos Sistemas de Informação Geográfica como ferramenta de apoio ao combate a Incêndios Florestais no Concelho da Guarda*. Dissertação de Mestrado em Sistemas de Informação Geográfico, Universidade da Beira Interior, 99 p.

Silva, F., Batalha, M. (1859). *Memória sobre o pinhal Nacional de Leiria. Suas madeiras e produtos resinosos*. Lisboa: Imprensa Nacional.

Teixeira, A. (2010). *Estudo do comportamento de fogos florestais com base no modelo FARSITE*. Universidade de Aveiro. Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente, Universidade de Aveiro, 94p.

Tonini, M., Pereira, M. G., Parente, J., & Vega Orozco, C. (2017). Evolution of forest fires in Portugal: from spatio-temporal point events to smoothed density maps. *Natural Hazards*, 85(3), 1489–1510. <https://doi.org/10.1007/s11069-016-2637-x>

Turco, M., Bedia, J., Di Liberto, F., Fiorucci, P., Von Hardenberg, J., Koutsias, N., ... Provenzale, A. (2016). Decreasing fires in mediterranean Europe. *PLOS ONE*, 11(3), 1–19. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0150663>

Vasconcelos, A. (2013). *Avaliação da suscetibilidade à ocorrência de incêndios florestais no concelho de Leiria*. Dissertação de Mestrado em Sistemas de Informação Geográfica e Modelação Territorial Aplicados ao Ordenamento, 83 p.

Varnes, D.J. (1984). Landslide hazard zonation: a review of principles and practice. *Natural Hazards*, (3)

Varnes, D. J.; International Association of Engineering Geology – Commission on Landslides and Other Mass Movements on Slopes . (1984). *Landslide hazard zonation: a review of principles and practice*. UNESCO, Paris

Verde, J. (2008). *Avaliação da perigosidade de incêndio florestal*. Dissertação de Mestrado em Geografia Física e Ordenamento do Território, Universidade de Lisboa, 97p.

Verde, J. (2015). *Wildfire susceptibility modelling in mainland Portugal*. Dissertação de Doutoramento em Geografia, Universidade de Lisboa, 213p.

Verde, J. C., & Zêzere, J. L. (2010). Assessment and validation of wildfire susceptibility and hazard in Portugal. *Natural Hazards and Earth System Science*, 10, 485–497. <https://doi.org/10.5194/nhess-10-485-2010>



## **ANEXOS**



## **ANEXO 1 - Ficha de campo para a caracterização das povoações**



1. Povoação \_\_\_\_\_ Data \_\_\_\_\_

## 2. Localização e caracterização

Localização Geográfica	Nível de Exposição	Nível de vulnerabilidade	Nível de risco	Funcionalidade de Edifícios	Área circundante
Norte	Muito Baixo	Muito Baixo	Muito Baixo	Residencial	Sem vegetação
Nordeste	Baixo	Baixo	Baixo	Agrícola	Áreas Agrícolas
Este	Moderado	Moderado	Moderado	Industrial	Áreas de Mato
Sudeste	Elevado	Elevado	Elevado	Comercial	Áreas Florestais
Sul	Muito Elevado	Muito Elevado	Muito Elevado	Outros serviços:	Outro:
Sudoeste					
Oeste					
Noroeste					

## 3. Danos de 2017

Edifícios	Outras estruturas	Reconstrução	Espaços florestais	Recuperação	Descrição
Sim:	Sim:	Sim:	Sim:	Natural	
Não	Não	Não	Não	Intervencionada	
				Baixo	
				Alto	
				Sem recuperação	

## 4. Local de abrigo na povoação

Localização	Edifício existente?	Alternativa/Sugestão
Área não ardida (dentro)	Inexistente	
Fora da povoação	Igreja	
Onde?	Casa	
	Edifício público:	
	Edifício privado:	
	Outro:	

Acessos	Zona circundante	Alternativa/Sugestão
Uma única estrada	Edifícios (casas)	
Várias estradas urbanas	Edifícios (outros):	
Estrada não alcatroada	Zona agrícola	
Caminhos florestais	Zona florestal	
Outros:	Descampado	
	Outro:	

## 5. Notas/Comentários

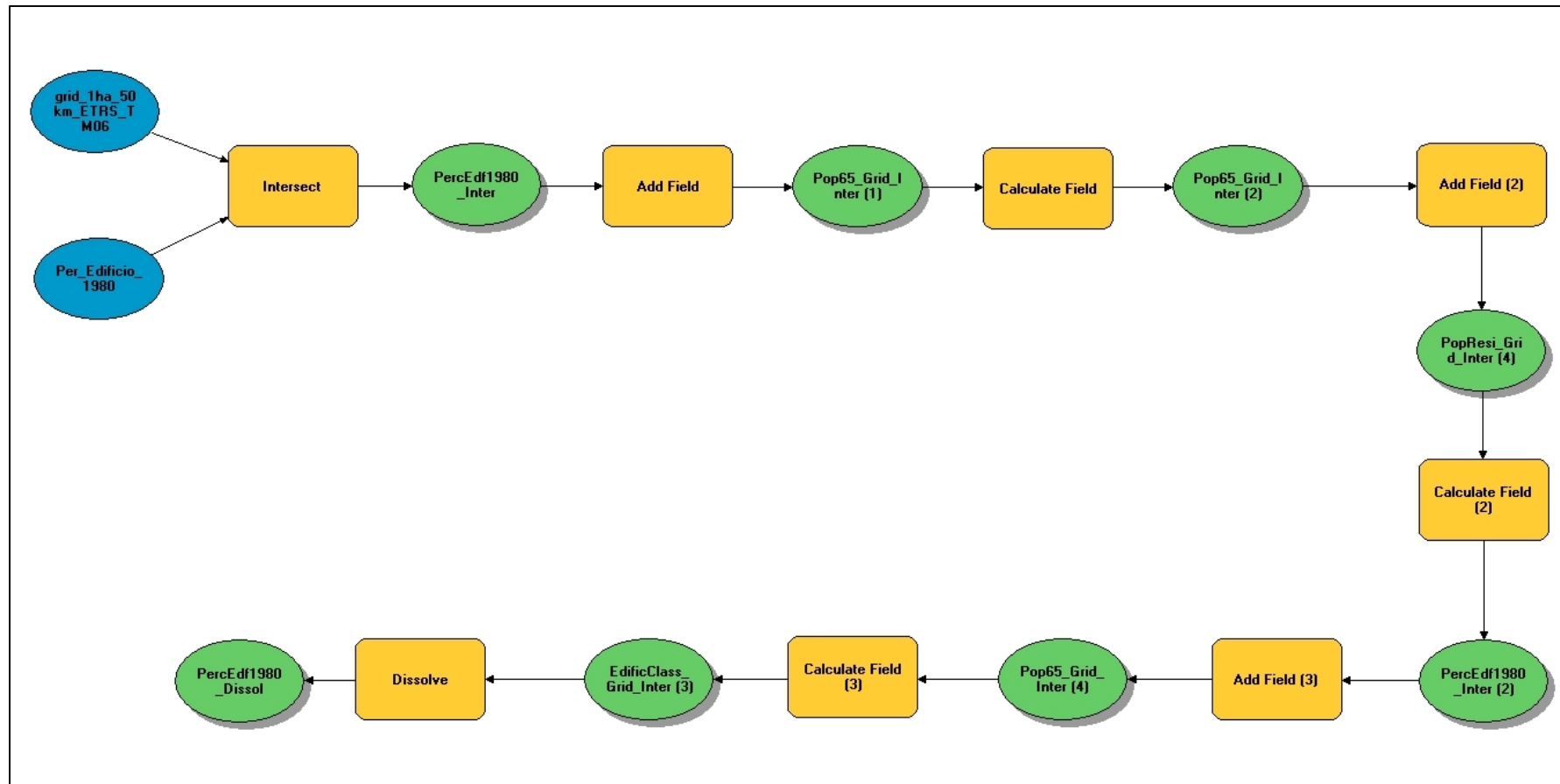
\_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_



**Anexo 2 – Modelo para o cálculo dos fatores de  
vulnerabilidade, nas células de 1ha;**



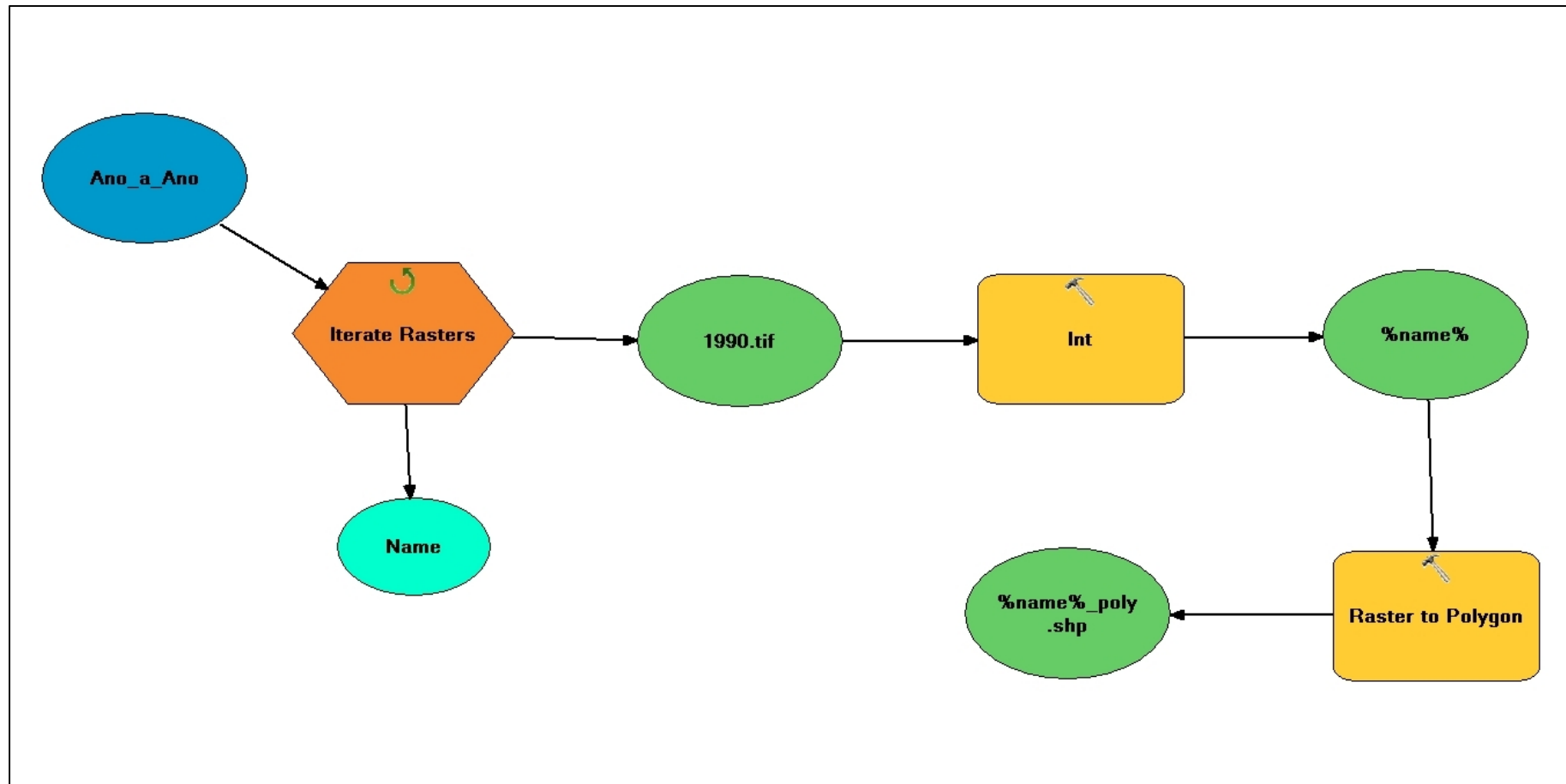






**Anexo 3 – Modelo para a transformação de áreas  
arbitrárias de formato matricial, para formato  
vetorial;**



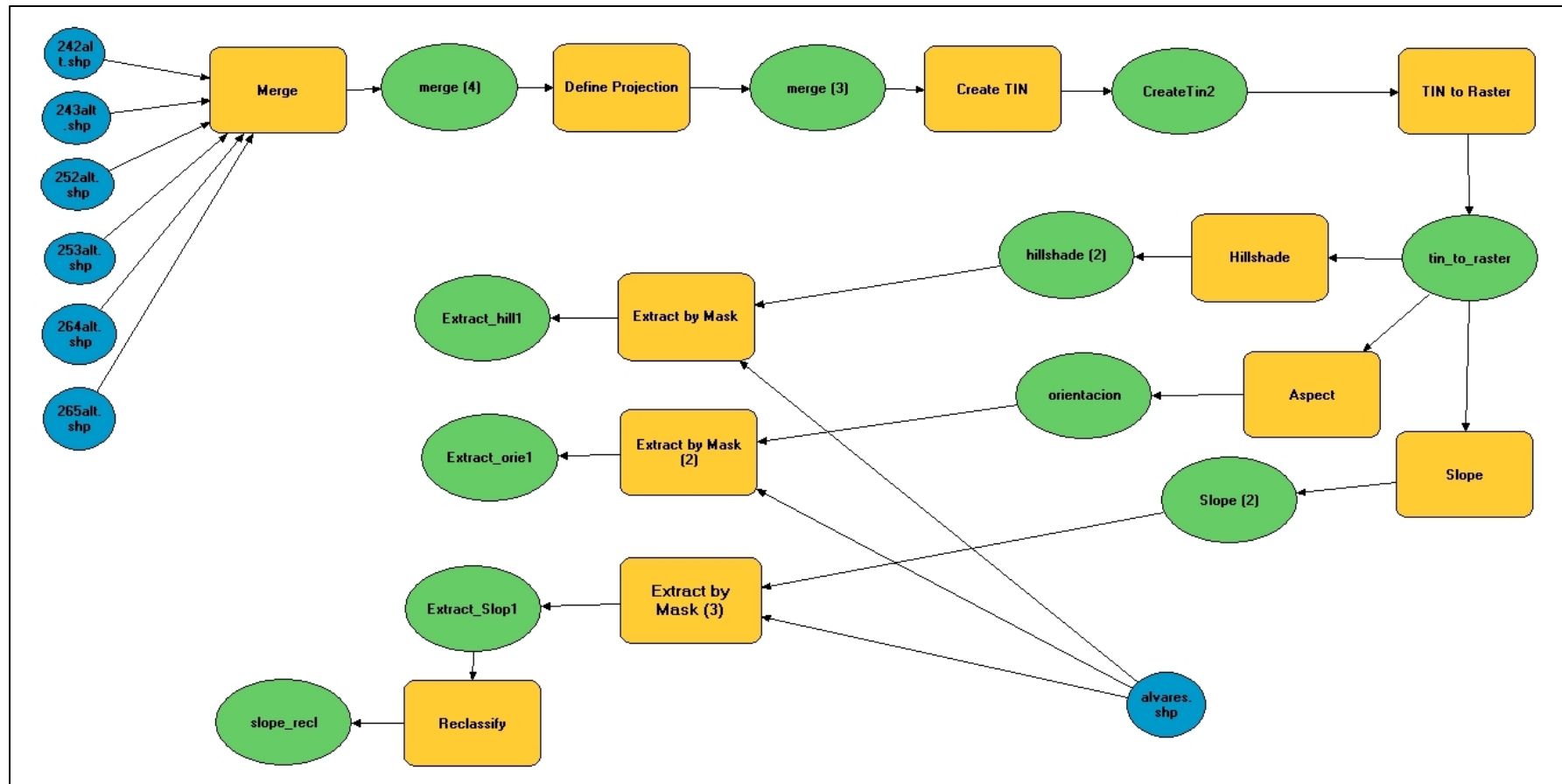




**Anexo 4 – Modelo para a criação das variáveis  
topográficas (Declive, Altitude, Relevo sombreado  
e orientação das vertentes)**









## **Anexo 5 – Modelo para o cálculo da distância – tempo nas povoações**



